



**TUGAS AKHIR - RC141501**

**EVALUASI POTENSI TERJADINYA DELAY PADA  
SISI UDARA BANDARA INTERNASIONAL  
JUANDA UNTUK 5 DAN 10 TAHUN  
MENDATANG**

**DANIEL DARMA WIDJAJA**  
**NRP 3113 100 089**

**Dosen Pembimbing :**  
**Ir. ERVINA AHYUDANARI, ME, Ph.D**

**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**  
**Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2017**



**FINAL PROJECT - RC141501**

**EVALUATION ON POTENCY OF DELAY AT AIRSIDE OF  
JUANDA INTERNATIONAL AIRPORT FOR THE NEXT 5  
TO 10 YEARS**

**DANIEL DARMA WIDJAJA**  
**NRP 3113 100 089**

Supervisor  
Ir. ERVINA AHYUDANARI, ME, Ph.D.

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

**EVALUASI POTENSI TERJADINYA DELAY  
PADA SISI UDARA BANDARA INTERNASIONAL  
JUANDA UNTUK 5 DAN 10 TAHUN  
MENDATANG**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu  
Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada  
Program Studi S-1 Reguler  
Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**DANIEL DARMA WIDJAJA**

NRP. 3113 100 089

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

Pembimbing I :

**Ir. Ervina Ahvudanari, ME, Ph.D.** (.....)

**NIP. 196902241995122001**

**SURABAYA  
JULI, 2017**

# **EVALUASI POTENSI WAKTU DELAY BANDARA INTERNASIONAL JUANDA SURABAYA SEBELUM TERMINAL 3 BEROPERASI**

**Nama Mahasiswa : DANIEL DARMA WIDJAJA**  
**NRP : 3113 100 089**  
**Departemen : Teknik Sipil FTSP-ITS**  
**Dosen Pembimbing : Ir. Ervina Ahyudanari, ME, Ph.D**

## **Abstrak**

Bandara Internasional Juanda merupakan bandara tersibuk nomor dua di Indonesia dan tersibuk di kawasan Indonesia Timur. Bandara yang melayani daerah kota Surabaya dan sekitarnya saat ini mengalami overcapacity yang memerlukan penambahan terminal dan fasilitas sisi udara yang memadai. Namun, fasilitas tersebut baru dapat direalisasikan dalam waktu 5 hingga 10 tahun yang akan datang. Oleh karena itu diperlukan evaluasi kinerja infrastruktur sisi udara yang ada guna menampung penumpang dan pergerakan pesawat 5 hingga 10 tahun mendatang.

Evaluasi dilakukan dengan dua skenario, skenario pertama yaitu tidak ada penambahan fasilitas sisi udara. Sedangkan skenario kedua ada penambahan penggunaan taxiway 2 sebagai runway 2 . Dalam setiap skenario , hanya dua fasilitas sisi udara yakni runway and taxiway akan dievaluasi

Hasil yang ingin diperoleh melalui studi ini adalah mengetahui potensi keterlambatan atau delay yang terjadi di fasilitas sisi udara. Potensi delay yang dimaksud di sini adalah pada kedua skenario pada tahun ke-5 dan tahun ke-10 dari tahun studi sebelum Terminal 3 beroperasi. Potensi *delay* yang terjadi pada skenario 1 pada tahun ke-5 dari tahun studi adalah 40 menit 1 detik , pada tahun ke-10 dari tahun studi adalah 56 menit 52 detik. Potensi *delay* yang terjadi pada skenario 2 pada tahun ke-5 dari tahun studi adalah 24 menit 40 detik pada *Runway 1* dan 29 menit 43 detik pada *Runway 2* sedangkan pada tahun ke-10 dari tahun studi adalah 34 menit 19 detik pada *Runway 1* dan 57 menit 26 detik pada *Runway 2*.

**Kata Kunci:** Bandara Internasional Juanda, evaluasi, fasilitas sisi udara, waktu delay

# **EVALUATION ON POTENCY OF DELAY AT AIRSIDE OF JUANDA INTERNASIONAL AIRPORT FOR THE NEXT 5 TO 10 YEARS**

**Student Name** : Daniel Darma Widjaja  
**Student Registry Number** : 3113 100 089  
**Major** : Teknik Sipil FTSP-ITS  
**Supervisor** : Ir. Ervina Ahyudanari, ME., Ph.D

## **Abstract**

Juanda International Airport is the second busiest airport in Indonesia and the busiest in East Indonesia region. The airport which serve Surabaya Metropolitan is being overcapacity now that needs terminal and airside facility adding. However, the new facility can be realized in 5 until 10 years again. Hence, performance of airside facility evaluation is needed in order to contain passengers and aircraft movements 5 and 10 years again.

Evaluation done with two scenarios , the first scenario will be no airside facility added. The second one is the using of Taxiway 2 as Runway 2. In each scenario, only runway and taxiway will be evaluated.

Results that want to achieved through the study is to know the potency of delay time that occur in airside facility. Delay time potency here means in both scenarios in the fifth year and tenth year from the study year before Terminal 3 operated. Delay time potency that occur in scenario 1, 5 years from study year is 40 minutes and 1 second meanwhile 10 years from study year is 56 minutes and 52 seconds. Delay time potency that occur in scenario 2, 5 years from study year at runway 1 is 24 minutes and 40 seconds, at runway 2 is 29 minutes and 43 seconds. Meanwhile 10 years from study year at runway 1 is 34 minutes and 39 seconds, at runway 2 57 minutes and 26 seconds.

***Keywords:*** *Juanda International Airports, evaluation, airside facility, delay time*

This page intentionally left blank

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan yang Maha Esa atas segala berkat dan kasih-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul "Evaluasi Potensi Terjadinya Delay Pada Sisi Udara Bandara Internasional Juanda Untuk 5 dan 10 Tahun Mendatang". Tugas Akhir ini disusun penulis dalam rangka memenuhi salah satu syarat kelulusan di Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS.

Selama proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis mendapatkan banyak bimbingan, dukungan dan pengarahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat yang besar penulis menyampaikan rasa terima kasih yang tulus dan sebesar-besarnya kepada :

1. Orang tua dan keluarga terkasih yang selalu memberikan dukungan baik moril dan materil, dan menjadi motivasi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Ibu Ir. Ervina Ahyudanari, ME, Ph.D. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang selalu sabar dan tulus dalam memberikan bimbingan dan motivasi.
3. Teman-teman yang ikut memberikan motivasi dalam tugas akhir ini, Bryan, Denny, SMITS dan teman-teman lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini banyak terdapat kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran dari berbagai pihak sangat diharapkan demi kesempurnaan tugas akhir ini. Penulis berharap laporan ini nantinya dapat memberikan manfaat bagi semua pihak.

Penyusun



Halaman ini sengaja dikosongkan

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	2
1.5 Manfaat .....	2
1.6 Lokasi Studi.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Studi Terdahulu .....	7
2.2 Distribusi Normal .....	8
2.3 Metode Peramalan Lalu Lintas Udara.....	10
2.3.1 Metode Peramalan dengan Pertimbangan...	10
2.3.2 Metode Peramalan Kecenderungan.....	11
2.4 Peramalan dalam Perencanaan Penerbangan .....	13
2.5 Metode Perhitungan Jam Puncak ( <i>Peak Hour</i> ).....	14
2.6 Pengaruh Design Pesawat Terbang terhadap Kebutuhan Panjang Runway .....	16
2.7 Kapasitas Ruang Udara.....	16
2.7.1 Kapasitas <i>Runway</i> .....	17
2.7.2 Model Perhitungan Kapasitas <i>Runway</i> .....	20
2.7.2.1 Pengembangan model untuk kedatangan ( <i>arrivals only</i> ) .....	22
2.7.2.2 Pengembangan model untuk	

	keberangkatan ( <i>departures only</i> ) ....	24
2.7.2.3	Pengembangan model untuk Operasi campuran ( <i>mix operation</i> ) ..	24
2.7.3	Waktu Pemakaian Runway ( <i>ROT</i> ).....	27
2.7.4	Kapasitas Apron .....	28
	2.7.4.1 Layout Parkir Pesawat .....	29
	2.7.4.2 Gate .....	31
2.8	KKOP / Aerodrome.....	35

### BAB III METODOLOGI

3.1	Umum .....	39
3.2	Identifikasi Masalah .....	39
3.3	Studi Literatur .....	39
3.4	Pengumpulan dan Pengambilan Data .....	39
3.5	Skenario Evaluasi.....	40
	3.5.1 Skenario 1 .....	40
	3.5.2 Skenario 2 .....	40
3.6	Analisa Perbandingan .....	40
3.7	Diagram Metode .....	41
3.8	Penjelasan Diagram Alir .....	42

### BAB IV PERAMALAN LALU LINTAS UDARA

4.1	Peramalan Pergerakan Pesawat .....	45
	4.1.1 Peramalan Pergerakan Total Pesawat di Runway .....	49
	4.1.2 Penentuan <i>Peak Month, Peak Day</i> dan <i>Peak Hour</i> .....	54
4.2	Perhitungan Kapasitas <i>Runway</i> .....	63
	4.2.1 Kapasitas <i>Runway</i> Eksisting .....	65
	4.2.1.1 Kedatangan saja .....	68
	4.2.1.2 Keberangkatan saja .....	73
	4.2.1.3 Operasi Campuran ( <i>Mixed</i> ) .....	74
	4.2.2 Kapasitas Runway Eksisting 5 dan 10 tahun Mendatang .....	76
	4.2.2.1 Perhitungan Kapasitas <i>Runway</i>	

	Eksisting 5 Tahun Mendatang .....	77
4.2.2.2	Perhitungan Kapasitas <i>Runway</i> Eksisting 10 Tahun Mendatang .....	81
4.2.3	Kapasitas <i>Runway</i> 2 (Taxiway 2) Eksisting serta 5 dan 10 Tahun Mendatang .....	85
4.2.3.1	Kedatangan saja .....	87
4.2.3.2	Keberangkatan saja .....	92
4.2.3.3	Operasi Campuran (Mixed) .....	93
BAB V PERHITUNGAN DELAY TIME		
5.1	Perhitungan <i>Delay Time Runway</i> Eksisting .....	97
5.2	Perhitungan <i>Delay Time</i> Skenario 1 .....	101
5.3	Perhitungan <i>Delay Time</i> Skenario 2 .....	107
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		
6.1	Kesimpulan .....	117
6.2	Saran .....	118
DAFTAR PUSTAKA		
BIOGRAFI PENULIS		
LAMPIRAN		

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Layout Bandara Internasional Juanda .....	6
Gambar 2.1 Kurva Trend Tipikal .....	13
Gambar 2.2 <i>Time Space Diagram</i> untuk <i>Mix Operation</i> .....	25
Gambar 2.3 Layout Parkir .....	30
Gambar 2.4 Contoh Waktu Pelayanan Kritis Kegiatan Pesawat	33
Gambar 2.5 <i>Runway Imaginary Surfaces</i> .....	35
Gambar 2.6 Keterangan <i>Imaginary Surface</i> .....	36
Gambar 3.1 Diagram Metodologi Pengerjaan .....	41
Gambar 4.1 Grafik Pergerakan Total Pesawat Tahunan .....	46
Gambar 4.2 Grafik Total Pergerakan 2006-2014 Tipe <i>Linear</i> ...	47
Gambar 4.3 Grafik Total Pergerakan 2006-2014 Tipe <i>Polynomial</i> .....	47
Gambar 4.4 Grafik Total Pergerakan 2006-2014 Tipe <i>Exponential</i> .....	48
Gambar 4.5 Grafik Total Pergerakan 2006-2014 Tipe <i>Logarithmic</i> .....	48
Gambar 4.6 Grafik Jumlah Kedatangan Pesawat Domestik Tahun 2006-2014 .....	50
Gambar 4.7 Grafik Jumlah Keberangkatan Pesawat Domestik Tahun 2006-2014 .....	51
Gambar 4.8 Grafik Jumlah Kedatangan Pesawat Internasional Tahun 2006-2014 .....	51
Gambar 4.9 Grafik Jumlah Keberangkatan Pesawat Internasional Tahun 2006-2014 .....	52
Gambar 5.1 <i>Time Space Diagram Mix Operation Runway</i> Eksisting .....	100

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pemisahan Jarak antar Pesawat .....	19
Tabel 2.2 Interval Waktu Pemisahan Pesawat .....	19
Tabel 2.3 Waktu Pemakaian Gate .....	29
Tabel 2.4 Tabel Take Off Speed .....	36
Tabel 2.5 Tabel Landing Speed .....	37
Tabel 2.6 Kategori Pesawat berdasarkan Kecepatan .....	37
Tabel 2.7 Kategori Pesawat di Bandara Juanda .....	38
Tabel 4.1 Total Pergerakan Pesawat Tahun 2006-2014 ....	45
Tabel 4.2 Persamaan Regresi dan Koefisien Determinasi ..	49
Tabel 4.3 Persamaan Regresi Peramalan Jumlah Pergerakan Total Pesawat .....	53
Tabel 4.4 Hasil Peramalan Jumlah Pergerakan Total di Runway tahun 2015-2027 .....	54
Tabel 4.5 Pergerakan Pesawat Tiap Bulan Pada Tahun 2006-2014 .....	54
Tabel 4.6 Ratio Pergerakan Bulanan Pesawat Terhadap Total Satu Tahun .....	56
Tabel 4.7 Jumlah Pergerakan Pesawat Setiap Hari pada Bulan Desember 2010 .....	57
Tabel 4.8 Rasio Pergerakan Harian terhadap Bulanan .....	57
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan <i>Peak Month Ratio</i> , <i>Peak Day</i> <i>Ratio</i> , dan <i>Peak Hour Ratio</i> .....	58
Tabel 4.10 Peramalan Jumlah Pergerakan Pesawat di Runway pada bulan puncak .....	59
Tabel 4.11 Peramalan Jumlah Pergerakan Pesawat di Runway pada hari tersibuk .....	60
Tabel 4.12 Peramalan Jumlah Pergerakan Pesawat di Runway Pada saat <i>Peak Hour</i> atau Jam Puncak .....	61
Tabel 4.13 Pergerakan Pesawat di Runway tanggal 3 Desember 2010 .....	62
Tabel 4.14 Pergerakan Pesawat di Runway tanggal	

26 Mei 2017 .....	65
Tabel 4.15 Kategori Pesawat Berdasarkan Kecepatan oleh FAA .....	66
Tabel 4.16 Jadwal Penerbangan Kedatangan 26 Mei 2017 Jam 07.00-07.59 .....	66
Tabel 4.17 Jadwal Penerbangan Keberangkatan 26 Mei 2017 Jam 07.00-07.59 .....	67
Tabel 4.18 Campuran Pesawat dan Karakteristiknya pada Penerbangan jam 07.00-07.59 .....	67
Tabel 4.19 Jadwal Penerbangan Kedatangan di Terminal 2 26 Mei 2017 Jam 07.00-07.59 .....	86
Tabel 4.20 Jadwal Penerbangan Keberangkatan di Terminal 2 26 Mei 2017 Jam 07.00-07.59 .....	86
Tabel 4.21 Campuran Pesawat dan Karakteristiknya pada Penerbangan jam 07.00-07.59 .....	86
Tabel 5.1 Jadwal Penerbangan Kedatangan 26 Mei 2017 Jam 07.00-07.59 .....	97
Tabel 5.2 Jadwal Penerbangan Keberangkatan 26 Mei 2017 Jam 07.00-07.59 .....	98
Tabel 5.3 Potensi <i>Delay Time</i> saat <i>Peak Hour</i> Kondisi Eksisting .....	99
Tabel 5.4 Hasil <i>Generate Random Number</i> yang belum diurutkan/diolah untuk 5 tahun yang akan datang ...	102
Tabel 5.5 Hasil <i>Generate Random Number</i> yang belum diurutkan/diolah untuk 10 tahun yang akan datang ..	103
Tabel 5.6 Potensi <i>Delay Time</i> saat <i>Peak Hour</i> 5 tahun yang akan datang .....	105
Tabel 5.7 Potensi <i>Delay Time</i> saat <i>Peak Hour</i> 10 tahun yang akan datang .....	106
Tabel 5.8 Hasil <i>Generate Random Number</i> yang belum diurutkan/diolah untuk 5 tahun yang akan datang pada <i>Runway</i> 1 .....	108
Tabel 5.9 Hasil <i>Generate Random Number</i> yang belum diurutkan/diolah untuk 5 tahun yang akan datang pada <i>Runway</i> 2 .....	109

Tabel 5.10 Hasil <i>Generate Random Number</i> yang belum diurutkan/diolah untuk 10 tahun yang akan datang pada <i>Runway 1</i> .....	110
Tabel 5.11 Hasil <i>Generate Random Number</i> yang belum diurutkan/diolah untuk 10 tahun yang akan datang pada <i>Runway 2</i> .....	111
Tabel 5.12 Potensi <i>Delay Time</i> saat <i>Peak Hour</i> 5 tahun yang akan datang pada <i>Runway 1</i> .....	113
Tabel 5.13 Potensi <i>Delay Time</i> saat <i>Peak Hour</i> 5 tahun yang akan datang pada <i>Runway 2</i> .....	114
Tabel 5.14 Potensi <i>Delay Time</i> saat <i>Peak Hour</i> 10 tahun yang akan datang pada <i>Runway 1</i> .....	115
Tabel 5.15 Potensi <i>Delay Time</i> saat <i>Peak Hour</i> 10 tahun yang akan datang pada <i>Runway 2</i> .....	116



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pertumbuhan ekonomi yang cukup baik di Indonesia menyebabkan berbagai sektor usaha mengalami peningkatan kebutuhan dan kinerja yang cukup signifikan. Pertumbuhan ekonomi yang cukup baik membuat masyarakat memiliki daya beli yang cukup besar. Tak terkecuali industri sektor jasa angkutan barang dan penumpang terutama yang menggunakan layanan jasa transportasi udara. Masyarakat sekarang memiliki dana yang lebih banyak sehingga dapat berpergian dengan transportasi udara entah itu karena urusan pekerjaan maupun untuk liburan sehingga kebutuhan akan layanan jasa transportasi udara semakin meningkat setiap tahunnya.

Bandar Udara Internasional Juanda yang melayani daerah kota Surabaya dan sekitarnya merupakan bandara tersibuk nomor 2 di Indonesia juga merupakan bandar udara utama untuk kawasan Indonesia Timur. Hingga saat ini, Bandara Internasional Juanda memiliki 2 terminal penumpang yang sanggup melayani 12,5 juta penumpang setiap tahunnya. Sedangkan pada tahun 2015, penumpang di Bandara Internasional Juanda mencapai 17 juta penumpang per tahun yang berarti Bandara Internasional Juanda mengalami *overcapacity* 4,5 juta penumpang per tahun. *Overcapacity* yang dimaksud di sini adalah kapasitas terminal sudah tidak dapat melayani jumlah penumpang yang menggunakan terminal bandara. Usaha pengembangan terus dilakukan oleh PT. Angkasa Pura I selaku pengelola Bandara Internasional Juanda untuk mengatasi masalah *overcapacity* ini.

Sehubungan dengan masalah *overcapacity* yang dialami Bandara Internasional Juanda, PT. Angkasa Pura I bersama Pemerintah Provinsi Jawa Timur merencanakan untuk mulai membangun Terminal 3 Bandara Internasional Juanda sebagai jawaban untuk menanggulangi masalah *overcapacity*.

Pembangunan dan pengoperasian Terminal 3 dengan dua runway tambahan masih memerlukan waktu yang cukup lama

yaitu sekitar 5 sampai 10 tahun yang akan datang. Apabila pertumbuhan jumlah penumpang mengikuti trend yang ada sekarang, bisa dipastikan kedua terminal yang ada tidak dapat melayani pertumbuhan jumlah penumpang tersebut. Perluasan infrastruktur sisi udara yang ada sekarang sudah tidak memungkinkan karena kurangnya lahan karena itu dibutuhkan opsi lain selain perluasan. Studi terdahulu mengenai fasilitas sisi udara Bandara Internasional Juanda telah dilakukan pada 2015, dan memungkinkan Taxiway 2 digunakan menjadi Runway 2.

Dalam masa transisi sebelum Terminal 3 beroperasi, perlu dilakukan evaluasi kinerja Bandara Juanda. Evaluasi ini dimaksudkan untuk mendapatkan gambaran kinerja infrastruktur sisi udara yang disesuaikan dengan pertumbuhan penumpang per tahun.

Adapun yang dapat dilakukan saat ini adalah melakukan evaluasi kinerja infrastruktur sisi udara sekarang untuk masa 5 sampai 10 tahun yang akan datang selama Terminal 3 dibangun dengan menimbang opsi penggunaan Taxiway Terminal 2 Bandara Internasional Juanda sebagai runway kedua untuk mengurangi beban kerja runway utama sekaligus memangkas waktu antrian pesawat menggunakan fasilitas sisi udara.

Dalam tugas akhir ini diambil judul “Evaluasi Potensi Waktu Delay Bandara Internasional Juanda Surabaya sebelum Terminal 3 Beroperasi” untuk dapat mengakomodir permasalahan yang ada di Bandara Internasional Juanda Surabaya.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Untuk mengetahui bagaimana pengaruh pertumbuhan pergerakan pesawat dibandingkan keterbatasan fasilitas yang ada, perlu dilakukan Analisa secara bertahap.

Dari latar belakang di atas, dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana prediksi pertumbuhan penumpang dan pergerakan pesawat pada 5 dan 10 tahun yang akan datang ?
2. Bagaimana kinerja sisi udara Terminal 1 & 2 saat ini masih dapat melayani demand yang ada ?
3. Bagaimana kinerja sisi udara apabila Taxiway 2 digunakan sebagai Runway 2 ?

### 1.3 Tujuan

Potensi delay yang dapat terjadi akibat adanya ketidakseimbangan antara fasilitas dan demand yang ada dapat mengganggu operasional bandara. Dalam menjawab permasalahan tersebut , ada beberapa tujuan yang akan dicapai dalam penyusunan Tugas Akhir ini :

1. Mengetahui jumlah penumpang dan pergerakan pesawat 5 dan 10 tahun yang akan datang melalui prediksi
2. Mengetahui kinerja sisi udara Terminal 1 & 2 saat ini
3. Mengetahui kinerja sisi udara apabila Taxiway 2 digunakan sebagai Runway 2

### 1.4 Batasan Masalah

Untuk mencapai tujuan Tugas Akhir, ada beberapa asumsi dan batasan yang diberlakukan dalam Tugas Akhir ini. Maksud pembatasan ini adalah untuk menjaga fokus penyelesaian masalah sesuai waktu yang tersedia.

Adapun batasan masalah dari Tugas Akhir ini :

1. Aspek biaya tidak dibahas
2. Tidak membahas proses perpanjangan runway
3. Tidak memperhitungkan faktor geometri *runway* dan *ground handling*

## 1.5 Manfaat

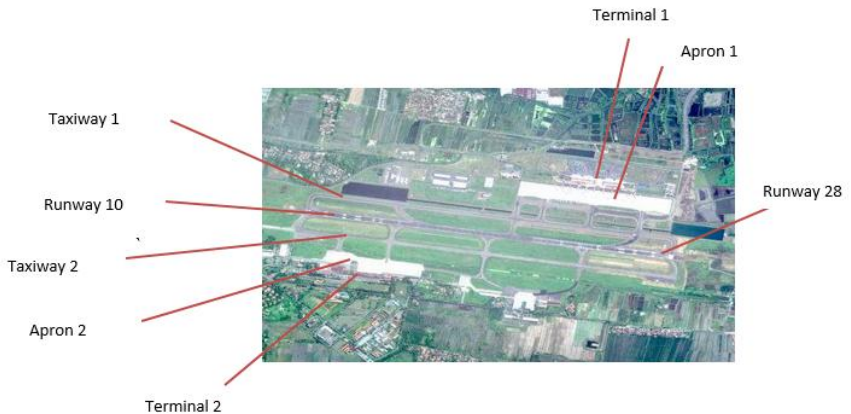
Penyusunan Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Dapat menjadi referensi dalam pengembangan fasilitas sisi udara Bandara Internasional Juanda
2. Dapat menjadi referensi dalam perbaikan infrastruktur bandara
3. Lebih memahami proses perencanaan fasilitas bandara

## 1.6 Lokasi Studi

Adapun objek Tugas Akhir terletak di Kabupaten Sidoarjo, Provinsi Jawa Timur dengan layout bandara seperti pada gambar 1.1.





Gambar 1.1. Layout Bandara Internasional Juanda  
(Sumber : Wikipedia ; Google Map)

Gambar 1.1 adalah layout fasilitas sisi udara yang menggambarkan posisi runway, taxiway 1, taxiway 2, apron 1, dan juga apron 2. Pergerakan pesawat adalah pada kedua ujung runway (R10 dan R28).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Studi Terdahulu**

Menurut studi terdahulu yang telah dilakukan (Erryc , 2015) didapatkan kesimpulan :

1. *Taxiway 2* yang terletak di sebelah selatan *runway* memenuhi kriteria untuk menjadi *runway parallel* berjarak rapat (*close parallel*)
2. Jarak antara *Taxiway 2* ke *Runway 1* secara as ke as adalah 215 m
3. Jarak antara Terminal 2 ke *Taxiway 2* adalah 300 m
4. Jarak antara *Apron 2* ke *Taxiway 2* adalah 230 m
5. Lebar *Taxiway 2* adalah 30 m ; Lebar *Runway 1* adalah 45 m

Menurut studi terdahulu yang telah dilakukan (Hersanti, 2016) didapatkan kesimpulan :

1. Terminal 1 terdapat 31 *parking stand*, 12 gate yang menggunakan fasilitas garbarata, 4 *parking stand* untuk VIP
2. Dari 165 *flight* terjadwal, 111 diantaranya merupakan *turnaround flight*, 44 sisanya merupakan *remain one night flight*
3. Dari 165 *flight* terjadwal, 90 penerbangan menggunakan fasilitas garbarata, 75 sisanya menggunakan sistem *remote* (manual)
4. Secara umum, pesawat *narrow body* memerlukan waktu *turnaround* sebesar 64 menit
5. Dari 111 *turnaround flight* yang beroperasi, didapatkan hanya 25 penerbangan yang *ontime* saat melakukan proses *airport ground handling*. Sisanya



mengalami keterlambatan antara 2 menit hingga 157 menit dengan rata-rata 22 menit.

Menurut studi terdahulu yang telah dilakukan (Sutrisno, 2016) didapatkan kesimpulan :

1. Orientasi runway analisis masih sama dengan *runway* eksisting yaitu arah 10 – 28
2. Panjang *runway* setelah dianalisis adalah 4154 m, kebutuhan lebar *runway* setelah dianalisis adalah 60 m
3. Lebar *taxiway* minimum analisis adalah 23 m, total lebar *taxiway* dan *shoulder taxiway* adalah 44 m., sedangkan lebar *taxiway* eksisting = 30 m dan *shoulder* kedua sisi = 14 m, total 44m. Artinya, bahwa kondisi saat ini masih sesuai dengan peraturan ICAO untuk bandara kelas IA, dengan kode 4E.
4. Posisi *exit taxiway* eksisting menimbulkan penambahan *ROT* pesawat yang bervariasi ke terminal 1 , A320 = 4.7 detik; ATR-72 = 9.2 detik; B-733 = 3.1 detik; B-737 = 13.1 detik; B-738 = 17.1 detik; B-739 = 12.7 detik; B-744 = 26.3 detik.
5. Posisi *exit taxiway* eksisting menimbulkan penambahan *ROT* pesawat yang bervariasi ke terminal 2, A320 = 8.2 detik; CRJX = 15.1 detik; B-738 = 10.1 detik; ATR-72 = 18.4 detik.

Studi ini menjadi dasar analisis lanjutan untuk memperkirakan potensi *delay* yang terjadi. Hasil perhitungan yang sudah dilakukan tidak akan dilakukan lagi.

## 2.2 Distribusi Normal

Distribusi normal merupakan salah satu distribusi probabilitas yang penting dalam analisis statistika. Apabila digambarkan dalam grafik, kurva distribusi normal berbentuk

seperti genta (*bell-shaped*) yang simetris. Perlu diketahui bahwa luas kurva normal adalah 1.

Secara matematis, probabilitas distribusi normal standar kumulatif dapat dihitung dengan rumus :

$$P(X < x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (2.1)$$

Dimana :

- $\mu$  = rata-rata (mean)
- $\sigma$  = simpangan baku (standard deviation)
- $\pi$  = phi 3.14
- $e$  = bilangan natural 2.7183
- $X$  = absis dengan batas  $-\infty < X < \infty$

Bila nilai dari  $\mu$  dan  $X$  sedemikian banyak karena menempati sepanjang interval nilai, maka sangat tidak mungkin untuk menyediakan distribusi probabilitas secara lengkap. Namun, permasalahan demikian dapat diselesaikan dengan distribusi normal baku. Distribusi normal baku yaitu distribusi normal dengan mean atau rata-rata 0 (nol) dan simpangan baku 1 (satu). Beberapa hal yang perlu diperlukan dalam distribusi normal baku adalah mengubah atau membakukan distribusi dalam bentuk distribusi normal baku atau yang dikenal dengan nilai  $z$ . Rumus nilai  $z$  adalah :

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma} \quad (2.2)$$

Dimana :

- $Z$  = nilai  $z$  atau nilai normal baku
- $X$  = nilai dari suatu
- $\mu$  = rata-rata (mean)
- $\sigma$  = simpangan baku (standard deviation)

## **2.3 Metode Peramalan Lalu Lintas Udara**

Peramalan lalu lintas udara adalah memperkirakan pertumbuhan lalu lintas udara di masa yang akan datang berdasarkan data lalu lintas udara yang sudah ada sehingga perkiraan yang didapatkan tidak berselesih jauh dengan kenyataan di lapangan. Dalam melakukan peramalan lalu lintas udara terdapat banyak metode yang beragam mulai dari yang sederhana hingga yang rumit dengan analisa matematis. Berbagai metode yang ada akan menghasilkan perkiraan dengan tingkat ketelitian rendah hingga tinggi tergantung seberapa banyak variabel yang akan digunakan. Dalam pemilihan metode yang akan digunakan harus mempertimbangkan berbagai faktor lain seperti data yang diperlukan, kecanggihan teknik, waktu, dll. Beberapa metode peramalan yang dapat digunakan antara lain adalah peramalan dengan pertimbangan, kecenderungan. (Ashford, 2011)

### **2.3.1 Metode Peramalan dengan Pertimbangan ( *Forecasting by Judgement* )**

Metode peramalan ini disebut juga dengan Delphi. Metode Delphi menggunakan cara peramalan dengan mengumpulkan sekumpulan pakar dalam bidang tertentu yang kemudian diminta untuk menyusun skala prioritas dari sekumpulan pertanyaan atau proyeksi melalui teknik survey. Hasil survey tersebut dibagikan kepada anggota kelompok dan diberikan kesempatan untuk menilai kembali penelitian semula dan seringkali diulang. Dalam metode ini, hasil metode tidak harus mencerminkan konsekuensi kelompok, dan faktanya hasil adalah pilihan mayoritas orang. Kelemahan metode ini adalah tidak adanya ukuran-ukuran statistic yang menjadi dasar hasil tersebut, kecuali dalam kondisi paling nyata untuk mendapatkan suatu consensus penting sehubungan dengan prestasi yang diharapkan dari faktor-faktor yang membicarakan penjelasan masa depan. (Ashford, 2011)

### **2.3.2 Metode Peramalan Kecenderungan ( *Trend Extrapolation* )**

Ekstrapolasi didasarkan pada pengujian historis suatu kegiatan dan mengasumsikan bahwa faktor tersebut yang menentukan variasi-variasi tertentu pada kegiatan lalu lintas udara pada masa lalu dan akan terus menunjukkan variasi-variasi yang serupa pada masa yang akan datang. Dalam pelaksanaannya kecenderungan berkembang dalam situasi dimana laju pertumbuhan faktor adalah stabil baik secara mutlak maupun presentase, terdapat laju pertumbuhan yang meningkat atau menurun secara berkala dalam periode waktu tertentu.

Terdapat beberapa metode ekstrapolasi. Dalam keadaan apapun variable yang diperkirakan akan digambarkan pada grafik dan dibuat hubungan fungsional yang mungkin anatra variable tersebut. Beberapa metode ekstrapolasi adalah sebagai berikut :

1. Ekstrapolasi Linier

Teknik ini digunakan untuk pola permintaan yang menunjukkan hubungan linier historis dengan variabel waktu. Hubungan yang mendasarinya mungkin diamati konstan atau berubah dalam pola teratur atau siklus.

2. Ekstrapolasi Eksponensial

Untuk keadaan dimana variabel yang tergantung pada yang lain memperlihatkan suatu laju pertumbuhan yang konstan terhadap waktu, biasanya ekstrapolasi eksponensial. Gejala ini sering terjadi dalam dunia penerbangan untuk proyeksi-proyeksi tingkat kegiatan yang telah memperlihatkan kecenderungan jangka panjang meningkat atau menurun dengan suatu presentse tahunan rata-rata.

3. Kurva-kurva Logistik

Dalam keadaan dimana laju pertumbuhan tahunan rata-rata mengalami penurunan secara berkala sesuai waktu, maka sebaiknya digunakan kurva logistic untuk menganalisis kecenderungan. Dengan timbulnya pasar

penerbangan, sering terdapat periode awal dengan pertumbuhan tahunan yang terus meningkat, periode pertengahan dengan pertumbuhan konstan, dan akhir periode dimana laju pertumbuhan menurun pada suatu titik pasar telah jenuh.

Dalam perhitungan biasanya digunakan metode dengan kurva yang berbeda-beda yang ditunjukkan dengan nilai matematis, dan rumus matematika. Bentuk kurva ditunjukkan pada gambar 2.1 dibawah. Variabel yang diperlukan adalah lalu lintas sebagai variabel  $y$ , waktu sebagai variabel  $t$ , dan  $a$ ,  $b$ ,  $c$  adalah konstanta. Nilai dari setiap grafik adalah sebagai berikut : (Ashford, 2011)

1. Linier

$$y = a + bt$$

Menunjukkan nilai pertumbuhan yang konstan

2. Eksponensial

$$y = a(1+b)^t$$

$$\log y = \log a + t \log (1+b)$$

Dengan nilai  $b$  positif atau kurang dari satu, menunjukkan bahwa presentase nilai lalu lintas tahunan meningkat setiap nilai 100b.

3. Parabola

$$y = at^2 + bt + c$$

Dengan tiga konstanta menunjukkan bentuk kurva yang bervariasi. Nilai  $a$  lebih besar dari nol, pertumbuhan yang terjadi berdasarkan nilai waktu.

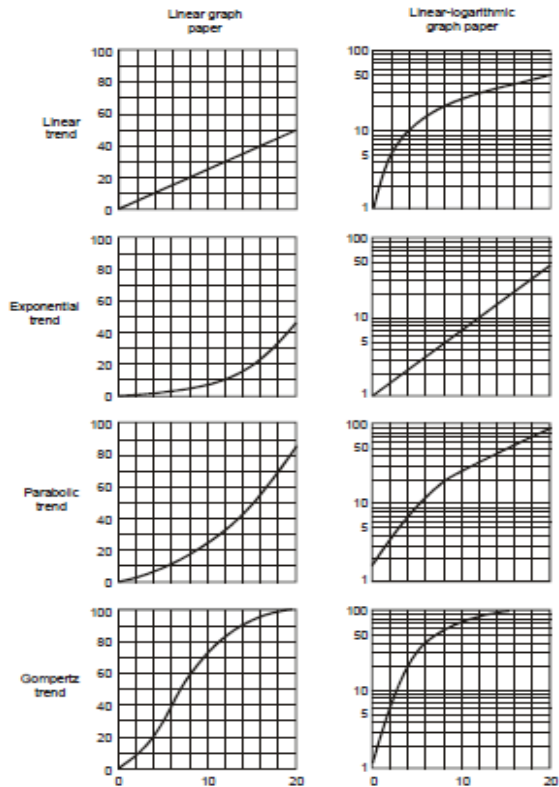
4. Gompertz

$$y = ab^{-ct}$$

$$\log y = \log a - c^t \log b$$

$$0 < c < 1$$

Dapat digunakan dalam peramalan dengan periode waktu sangat lama.



Gambar 2.1 Kurva Trend Tipikal  
( Sumber : ICAO Manual Air Traffic Forecasting, 2006 )

## 2.4 Peramalan dalam Perencanaan Penerbangan

Peramalan lalu lintas dan parameter jam puncak (peak hour) merupakan faktor penting dalam perencanaan penerbangan. Faktor lain yang menentukan adalah pergerakan pesawat tahunan yang kemudian dapat menentukan pergerakan pesawat pada periode puncak. Pada periode puncak kemudian didapatkan jumlah rata-rata pergerakan per hari kemudian akan didapatkan

pergerakan pesawat tiap jamnya yang akan dipakai dalam perhitungan.

Besarnya pergerakan pesawat didapatkan dari peramalan dengan bermacam-macam metode yang sudah diuraikan sebelumnya yang menggunakan data pergerakan pesawat sebelumnya, tetapi data tersebut tidak dapat bertahan lama karena bersifat peramalan sementara..

Peramalan pergerakan pesawat didapatkan pada peramalan jumlah penumpang yang akan menggunakan pesawat dan mengasumsi pesawat yang digunakan tetap atau sama ukurannya dan jenisnya, maka dapat dirumuskan hubungan variabel tersebut : (Ashford, 2011)

$$\text{Pergerakan pesawat} = \frac{\text{jumlah penumpang}}{\text{load factor} \times \text{aircraft size}} \quad (2.3)$$

Dimana :

Load factor = faktor yang mempengaruhi jumlah penumpang

Aircraft Size = jumlah tempat duduk pada pesawat

## 2.5 Metode Perhitungan Jam Puncak (*Peak Hour*)

Perhitungan *peak hour* dalam Tugas Akhir ini diperlukan untuk :

1. Dasar acuan kondisi paling maksimum pemakaian *runway*
2. Mengetahui tingkat pergerakan maksimum pada saat kondisi *peak hour*

Berdasarkan data eksisting jumlah rata-rata pergerakan pesawat harian di *runway* dalam 1 tahun dan jumlah pergerakan pesawat di *runway* pada bulan puncak dalam 1 tahun. Dapat diketahui rasio jumlah pergerakan pesawat total 1 tahun, dapat dirumuskan (Pignataro, 1973) :

$$R_{\text{month}} = \frac{N_{\text{month}}}{N_{\text{year}}} \quad (2.4)$$

Dimana :

$R_{\text{month}} = \text{peak month ratio}$

$N_{\text{month}} = \text{jumlah pergerakan pesawat di runway saat bulan puncak}$

$N_{\text{year}} = \text{jumlah pergerakan total pesawat di runway dalam 1 tahun}$

Rasio jumlah pergerakan pesawat pada hari puncak terhadap jumlah pergerakan pesawat bulan puncak adalah :

$$R_{\text{day}} = \frac{N_{\text{day}}}{N_{\text{month}}} \quad (2.5)$$

Dimana :

$R_{\text{day}} = \text{peak day ratio}$

$N_{\text{day}} = \text{jumlah pergerakan pesawat di runway saat hari puncak}$

$N_{\text{month}} = \text{jumlah pergerakan total pesawat di runway saat bulan Puncak}$

Rasio jumlah pergerakan pesawat pada jam puncak terhadap jumlah pergerakan total 1 hari adalah :

$$R_{\text{hour}} = \frac{N_{\text{hour}}}{N_{\text{day}}} \quad (2.6)$$

Dimana :

$R_{\text{hour}} = \text{peak month ratio}$

$N_{\text{hour}} = \text{jumlah pergerakan pesawat di runway saat jam puncak}$

$N_{\text{day}} = \text{jumlah pergerakan total pesawat di runway pada saat hari puncak}$

Untuk memperkirakan jumlah pergerakan pesawat tahun rencana untuk kondisi *peak hour* adalah dengan langsung mengalihkan R dengan peramalan jumlah pergerakan harian rata-rata pada bulan puncak tahun rencana



## 2.6 Pengaruh Design Pesawat Terbang terhadap Kebutuhan Panjang *Runway*

Setiap pesawat terbang memiliki pengaruh terhadap design runway. Semakin berkembangnya penerbangan mewajibkan design runway harus berkembang pula. Banyak faktor yang mempengaruhi design runway, contohnya kecepatan. Kecepatan menjadi salah satu faktor karena dengan kecepatan yang tinggi, dibutuhkan waktu yang lebih singkat untuk menerbangkan pesawat. Kecepatan pesawat ditentukan oleh jenis pesawatnya dan lebar sayapnya. Di Indonesia, umumnya menggunakan pesawat Boeing dan Airbus. (Ashford, 2011)

$$\text{Gaya Angkat} = \text{Berat} \times \alpha \times \rho \times v^2 \times S \times C_L \quad (2.7)$$

Dimana :

- $\rho$  = berat jenis udara ( $\text{kg/m}^3$ )
- $v$  = kecepatan pesawat ( $\text{km/h}$  atau  $\text{mi/h}$ )
- $S$  = luas sayap pesawat ( $\text{m}^2$ )
- $C_L$  = koefisien gaya angkat

Dari persamaan diatas , dapat dilihat bahwa gaya angkat pesawat dipengaruhi oleh berat, kecepatan, dan luas sayap pesawat. Untuk mendapatkan kecepatan yang cukup untuk memungkinkan pesawat dapat terbang maka diperlukan pula panjang runway yang cukup. Sehingga dapat disimpulkan jenis pesawat atau tipe pesawat mempengaruhi panjang runway.

## 2.7 Kapasitas Ruang Udara

Kapasitas ruang udara adalah jumlah operasi pesawat maksimum yang dapat dilakukan oleh suatu bandara selama jangka waktu tertentu. Dalam perkembangannya seiring waktu terjadi peningkatan aktivitas manusia yang menyebabkan

kebutuhan angkutan manusia dan barang menhadu bertambah. Kondisi ini menyebabkan kapasitas yang ada sekarang tidak sesuai lagi. Maka perlu dilakukan perhitungan ulang dengan data yang baru sehingga didapatkan kapasitas baru yang sesuai. Dalam perhitungan kapasitas ruang udara terdapat variabel waktu dengan periode tertentu. Selain itu, ketepatan waktu menjadi kendala dalam menghitung kapasitas ruang udara. Oleh karena itu, terdapat dua jenis kapasitas :

1. Kapasitas Kejenuhan Maksimum (Maximum Throughput Capacity/ Saturation Capacity) adalah jumlah pergerakan pesawat terbang (take-off dan landing) yang dapat dilakukan dalam satu jam pada runway tanpa melanggar regulasi ATM (Air Traffic Mangement) dengan asumsi adanya permintaan secara kontinu.
2. Kapasitas praktis per jam (Practical Hourly Capacity) adalah jumlah pergerakan yang dapat dilakukan dalam satu jam pada runway dengan waktu delay rata-rata adalah 4 menit, atau dengan nilai berkisar 80-90% dari kapasitas jenuh.

### **2.7.1 Kapasitas *Runway***

Dalam menghitung kapasitas runway ada beberapa parameter yang akan digunakan dalam mencari berapa banyak pergerakan pesawat yang terjadi di runway dalam satuan waktu tertentu baik itu keberangkatan maupun kedatangan (departure and arrive). Parameter-parameter terdiri dari variabel yang berhubungan dengan operasional runway yang dimaksudkan untuk mendapat nilai yang valid atau sesuai dengan yang diinginkan

Parameter-parameter terkait dengan kapasitas runway yaitu :

1. Pergerakan pesawat terbang
2. Jenis dan ukuran pesawat terbang yang beroperasi

3. Kapasitas kejenuhan maksimum
4. Kapasitas runway

Selain parameter , terdapat hal lain yang berkaitan dalam menentukan kapasitas runway adalah :

1. Jumlah dan geometrik runway  
Perencanaan runway yang baik memerlukan perencanaan geometrik yang baik pula. Geometrik runway berpengaruh pada tingkat kebisingan yang terjadi pada runway. Kapasitas runway dapat ditingkatkan dengan menambah runway baru . Namun, jika jarak antar runway terlalu dekat maka kedua runway tidak dapat bekerja secara bersamaan karena tingkat kebisingannya. Maka dari itu, diperlukan perencanaan geometric yang baik untuk mengatasinya.
2. Spesifikasi pemisahan jarak antar pesawat dengan sistem ATM (Air Traffic Management)  
Sistem ATM dimaksudkan untuk mengatur jarak minimum antar pesawat yang akan menggunakan runway. Sistem ini juga mengatur berapa jumlah pesawat yang dapat beroperasi pada runway sehingga dapat meingkatkan efektifitas penggunaan runway. FAA (Federal Aviation Admistration) mengklasifikasikan pesawat terbang menjadi tiga kelas berdasarkan MTOW (Maximum Take Off Weight) yaitu :
  - a. Heavy Class (H)  $\rightarrow$   $MTOW > 255000 \text{ lbs (116 ton)}$
  - b. Large Class (L)  $\rightarrow$   $41000 \text{ lbs (19 ton)} < MTOW < 255000 \text{ lbs (116 ton)}$
  - c. Small Class (S)  $\rightarrow$   $MTOW < 41000 \text{ lbs (19 ton)}$
  - d. Untuk Boeing 757 diklasifikasikan antara H dan L

- Pesawat yang berurutan harus dipisahkan dalam jarak tertentu dalam satuan mil seperti pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.1 Pemisahan Jarak antar Pesawat

		Pesawat berada di belakang		
		H	L	S
Peswat berada di depan	H	4	5	0.83
	L	2.5 atau 3	2.5 atau 3	0.75
	S	2.5 atau 3	2.5 atau 3	2.5 atau 3

( Sumber : Horrenjeff & McKelvey, 2010)

- Pesawat yang masih berdada di udara tidak dapat melakukan landing sebelum pesawat yang berada di depannya selesai meninggalkan runway dan pesawat yang akan takeoff harus menunggu pesawat yang landing selesai meninggalkan runway.
- Jarak antara kedatangan pesawat dipisahkan dalam satuan waktu (detik) seperti pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.2 Interval waktu pemisahan Pesawat

		Pesawat berada di belakang		
		H	L	S
Peswat berada di depan	H	90	120	120
	L	60	60	60
	S	45	45	45

\*untuk amannya pemisahan antar pesawat disarankan berjarak 120 detik

( Sumber : Horrenjeff & McKelvey , 2010)

3. Kombinasi pesawat yang digunakan di bandara  
Kombinasi pesawat yang homogen atau berjenis sama mempengaruhi kapasitas runway. Kombinasi pesawat yang sama akan memudahkan sistem ATM mengendalikan lalu lintas udara sehingga kinerjanya menjadi lebih efektif.
4. Penggunaan runway untuk keberangkatan, kedatangan, atau keduanya  
Faktor yang mempengaruhi kapasitas runway berikutnya adalah fungsi dari runway itu sendiri. Apakah berfungsi untuk kedatangan atau keberangkatan atau keduanya secara bersamaan atau terpisah. Jika penggunaannya secara terpisah maka akan memudahkan dalam melakukan manajemen lalu lintas udara.

### **2.7.2 Model Perhitungan Kapasitas *Runway***

Awal mula model perhitungan kapasitas runway secara sederhana dirumuskan oleh Blumstein pada tahun 1959. Model yang digunakan untuk perhitungan kapasitas adalah single runway untuk kedatangan pesawat yang kemudian akan dikembangkan untuk menghitung keberangkatan, kedatangan, dan keduanya. FAA dan Laboratorium Instrumentasi Udara pada tahun 1960 mengembangkan metode perhitungan kapasitas runway dengan melakukan pendekatan terhadap terori antrian.

Dalam melakukan landing menuju runway, pesawat harus terlebih dahulu melakukan perlambatan sehingga dapat landing di runway kemudian keluar menuju taxiway. Saat melakukan landing di runway posisi pesawat berada pada posisi gate yang berjarak antara 5-8 mil dari runway searah runway. Selain itu aturan-aturan keselamatan juga harus dipahami yaitu pesawat melakukan proses tersebut secara bertahap dan man disaat tidak

ada pesawat lain yang melakukan kegiatan takeoff dan landing di runway.

Untuk menghitung kapasitas runway, langkah awal yang harus dilakukan adalah dengan menghitung interval waktu yang terjadi diantara pesawat yang akan menggunakan runway dengan menggunakan persamaan (Horrenjeff, 1988) :

$$T_{ij} = \max \left[ \frac{r+s_{ij}}{v_j} - \frac{r}{v_j}, o_i \right] \text{ dimana } v_i > v_j \quad (2.8)$$

$$T_{ij} = \max \left[ \frac{s_{ij}}{v_j}, o_i \right] \text{ dimana } v_i < v_j \quad (2.9)$$

Dimana :

$r$  = panjang jalur di final approach (5-8 mil)

$s_{ij}$  = syarat pemisah minimum oleh ATC antara dua pesawat saat keduanya terbang

$v_i$  = asumsi kecepatan pada final approach, pesawat terbang  $i$  menjaga kecepatannya konstan di sepanjang final approach

$o_i$  = waktu runway yaitu waktu pemakaian runway yang dilakukan oleh suatu pesawat

$T_{ij}$  = interval waktu minimum antara kedatangan pesawat tipe  $i$  dan  $j$  yang menggunakan runway

$$E[T_{ij}] = \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^K P_{ij} \cdot T_{ij} \quad (2.10)$$

Dimana :

$P_{ij}$  = probabilitas kejadian pesawat tipe  $i$  diikuti oleh pesawat tipe  $j$

$K$  = jumlah kelas-kelas pesawat yang berbeda

$$t_{ij} = T_{ij} + b \quad (2.11)$$

$$E[t_{ij}] = \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^K P_{ij} \cdot t_{ij} \quad (2.12)$$

Dimana :

- $t_{ij}$  = interval waktu rata-rata semua kemungkinan pesawat i dan j  
 $b$  = buffer time yaitu waktu tenggat antar kedua pesawat (10 s)  
 $P_{ij}$  = probabilitas kejadian pesawat tipe i diikuti oleh pesawat tipe j  
 $K$  = jumlah kelas-kelas yang berbeda  
 $T_{ij}$  = interval waktu minimum antara kedatangan pesawat tipe i dan j yang menggunakan runway

$$\mu = \frac{1}{E[t_{ij}]} \quad (2.13)$$

Dimana :

- $\mu$  = kapasitas maksimum  
 $E[t_{ij}]$  = Nilai perkiraan  $t_{ij}$

### 2.7.2.1 Pengembangan model untuk kedatangan (arrivals only)

- a. Keadaan Bebas Kesalahan [ $M_{ij}$ ]
- Keadaan merapat, dimana kecepatan pesawat di depan (leading,  $V_i$ ) lebih lambat daripada pesawat yang dibelakang (trailing,  $V_j$ )
 
$$T_{ij} = T_j - T_i = \frac{\delta_{ij}}{V_j} \quad (2.14)$$
  - Keadaan merenggang, dimana kecepatan pesawat didepan (leading,  $V_i$ ) lebih cepat dari pada pesawat dibelakang (trailing,  $V_j$ )
 
$$T_{ij} = T_j - T_i = \frac{\delta_{ij}}{V_i} + \gamma \left( \frac{1}{V_j} - \frac{1}{V_i} \right) \quad (2.15)$$

- Keadaan sama besar, dimana kecepatan pesawat didepan (i) dan dibelakang (j) sama besar

$$T_{ij} = T_j - T_i = \frac{\delta_{ij}}{V_j} \quad (2.16)$$

b. Keadaan Kesalahan Posisi  $[B_{ij}]$

- Keadaan merapat, besarnya penyangga tidak tergantung pada kecepatan

$$B_{ij} = \sigma_0 q_v \quad (2.17)$$

- Keadaan merenggang, dimana kecepatan pesawat didepan (leading,  $V_i$ ) lebih cepat dari pada pesawat dibelakang (trailing,  $V_j$ )

$$B_{ij} = \sigma_0 q_v - \delta_{ij} \left( \frac{1}{V_j} - \frac{1}{V_i} \right) \quad (2.18)$$

- Keadaan sama besar, dimana kecepatan pesawat didepan (i) dan dibelakang (j) sama besar, maka digunakan perhitungan dengan cara yang sama dengan keadaan merapat

$$B_{ij} = \sigma_0 q_v \quad (2.19)$$

$$E[T_{ij}] = \sum P_{ij} \cdot M_{ij} = \sum P_{ij} T_{ij} \quad (2.20)$$

Dimana :

$E[T_{ij}]$  = waktu antar kedatangan rata-rata

$P_{ij}$  = prosentase campuran pesawat

$M_{ij}$  = matriks bebas kesalahan

Dengan demikian, maka kapasitas runway bila hanya kedatangan apabila terdapat kesalahan posisi :

$$C = \frac{1}{E(T_{ij})} \quad (2.21)$$



### 2.7.2.2 Pengembangan model untuk keberangkatan (departures only)

Ketika keberangkatan dinyatakan bebas untuk tinggal landas berdasarkan interval waktu minimum, atau waktu keberangkatan  $t_d$ , kapasitas keberangkatan *runway*  $C_d$  diberikan :

$$C_d = \frac{3600}{E(t_d)} \quad (2.22)$$

$$E(t_d) = \sum [p_{ij}] [t_d] \quad (2.23)$$

Dimana :

$E(t_d)$  = waktu pelayanan rata-rata atau waktu antarkeberangkatan di ambang *runway* untuk campuran pesawat

$[p_{ij}]$  = probabilitas pesawat yang didepan I akan diikuti oleh pesawat dibelakangnya j

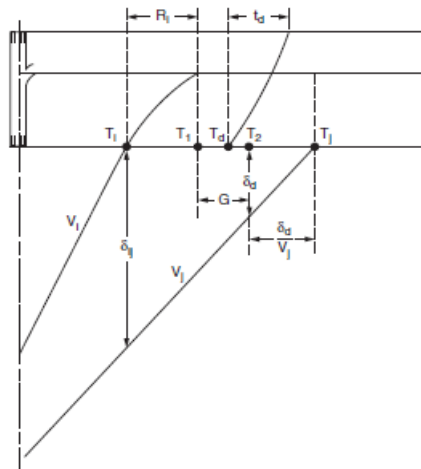
$[t_d]$  = matriks waktu antarkeberangkatan

### 2.7.2.3 Pengembangan model untuk operasi campuran (mix operation)

Model ini didasarkan pada aturan pengoperasian yaitu :

1. Kedatangan mempunyai prioritas daripada keberangkatan
2. Hanya satu pesawat dapat berada di *runway* pada sembarang waktu
3. Keberangkatan tidak dapat dilaksanakan apabila pesawat yang datang berikutnya berada pada jarak yang kurang dari suatu jarak tertentu dari ambang *runway* biasanya sebesar 2 nmi (*nautical miles*) dalam kondisi IFR (*Instrument Flight Rules*)\

*Time Space Diagram* dapat digambar untuk mnemperlihatkan pengurutan operasi campuran menurut aturan-aturan diatas dan hal ini diperlihatkan pada Gambar 2.2. Pada gambar ini  $T_i$  dan  $T_j$  merupakan waktu dimana pesawat yang ada didepan (i) dan yang ada dibelakang (j) melewati ambang kedatangan,  $\delta_{ij}$  adalah pemisahan waktu minimum diantara kedatangan ,  $T_i$  adalah waktu dimana pesawat yang datang meninggalkan runway,  $T_d$  adalah waktu dimana pesawat yang berangkat mulai tinggal landas ,  $\delta_d$  adalah jarak minimum pada jarak mana pesawat yang datang harus berada (dari ambang runway) supaya keberangkatan dapat dilakukan ,  $T_2$  adalah waktu waktu yang menyatakan saat terakhir dimana keberangkatan dapat dilakukan ,  $R_i$  adalah waktu pemakaian runway untuk suatu kedatangan,  $G$  adalah perbedaan waktu dimana keberangkatan dapat dilakukan , dan  $t_d$  adalah waktu pelayanan yang dibutuhkan untuk keberangkatan.



Gambar 2.2 Time Space Diagram untuk Mix Operation  
(Sumber : Horonjeff, 2010)

Karena kedatangan diberikan prioritas, pesawat yang datang diurutkan dengan pemisahan minimum dan keberangkatan tidak dapat dilakukan kecuali terdapat waktu  $G$  di antara kedatangan yang berurutan. Oleh sebab itu dapat ditulis :

$$G = T_2 - T_1 > 0$$

$$T_1 = T_i + R_i$$

$$T_2 = T_j - \frac{\delta_{ij}}{v_j}$$

maka dapat ditulis :

$$T_2 - T_1 > \left( T_j - \frac{\delta_d}{v_j} \right) - (T_i + R_i) > 0 \quad (2.24)$$

Atau untuk melakukan satu keberangkatan diantara dua kedatangan yang berurutan didapat :

$$T_j - i > R_i + \frac{\delta_d}{v_j} \quad (2.25)$$

Dengan pengembangan sederhana persamaan ini, jelas bahwa waktu antarkedatangan rata-rata yang dibutuhkan  $E[T_{ij}]$  untuk melakukan  $n$  keberangkatan di antara dua kedatangan

$$E[T_{ij}] > E[R_i] + E\left[\frac{\delta_d}{v_j}\right] + (n - 1) E[T_d] \quad (2.26)$$

Dimana :

$E[T_{ij}]$  = waktu dimana pesawat yang ada didepan (i) dan yang ada dibelakang (j) melewati ambang kedatangan

$E[R_i]$  = waktu pemakaian *runway* untuk suatu kedatangan

$\delta_d$  = pemisahan minimum diantara kedatangan

- $V_j$  = kecepatan pada saat mendekati landasan dari pesawat di belakang dari kelas  $j$   
 $E[t_d]$  = waktu pelayanan yang dibutuhkan untuk keberangkatan

Kapasitas runway pada operasi campuran diberikan pada persamaan berikut :

$$C_m = \frac{1}{E(\Delta T_{ij})} (1 + \sum n_d P_{nd}) \quad (2.27)$$

dimana :

- $C_m$  = kapasitas *runway* untuk operasi campuran  
 $E[\Delta T_{ij}]$  = nilai waktu antar kedatangan  
 $n_d$  = jumlah keberangkatan yang dapat dilakukan diantara dua kedatangan  
 $P_{nd}$  = probabilitas jumlah keberangkatan  $n_d$  dapat dilakukan

### 2.7.3 Waktu Pemakaian Runway (Runway Occupancy Time)

Waktu pemakaian runway adalah waktu yang dibutuhkan oleh pesawat ketika berada di runway. Ada dua jenis ROT yang digunakan oleh setiap pesawat yaitu ROTA pada saat mendarat (arrival) dan ROTD pada saat tinggal landas (departure). Secara definisi ROTA adalah interval waktu yang digunakan pesawat ketika melintasi threshold sampai dengan ekor pesawat meninggalkan runway. Sedangkan ROTD adalah interval waktu yang digunakan pesawat ketika melewati marka tanda berhenti sampai dengan roda utama terangkat dari runway.

Setiap pesawat memiliki karakter masing-masing sesuai dengan jenisnya ketika menggunakan runway. Pesawat berbadan lebar seperti A-330 akan memiliki waktu yang berbeda dengan pesawat berbadan sempit seperti A-320. Namun, tidak hanya jenis pesawat yang mempengaruhi ROT, ada tidaknya *high speed taxiway* menjadi faktor yang sangat penting karena

memungkinkan pesawat segera keluar dari runway , tidak perlu perlahan-lahan taxiing menuju exit taxiway atau malah harus berputar untuk keluar dari runway menuju apron. Semakin kecil waktu yang dibutuhkan oleh pesawat untuk keluar dari runway, semakin kecil pula ROT. Semakin kecil ROT akan menaikkan kapasitas runway itu sendiri. Sampai saat ini kapasitas runway Bandara Internasional Juanda sebesar 48 pergerakan per jam.

#### 2.7.4 Kapasitas Apron

Apron adalah area didalam bandara yang berfungsi sebagai tempat parkir pesawat dengan struktur perkerasan kaku atau rigid pavement. Kapasitas apron dapat menjadi penghambat pada kapasitas ruang udara secara keseluruhan pada bandara dengan luas lahan yang sempit. Kapasitas apron dapat disebut kapasitas dinamis yaitu jumlah pesawat yang dapat ditampung dalam satu jam.

Kapasitas apron dipengaruhi oleh beberapa faktor salah satunya adalah faktor gate yaitu tempat dimana pesawat parkir, selain itu terdapat faktor lain :

1. Jumlah dan tiap gate pada tiap group
2. Ukuran gate
3. Gate occupancy time
4. Layout parkir pesawat di tiap gate

Dimensi apron dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan dibawah tergantung jumlah gate (Horrenjeff, 2010) :

$$G = \frac{V.T}{U} \quad (2.28)$$

Dimana :

G = jumlah gate

V = volume design untuk keberangkatan atau kedatangan (gerakan/jam)

T = waktu pemakaian/parkir di gate (jam)

U = faktor pemakaian gate ( 0.5 bila gate di pakai satu maskapai dan 0.6 bila di pakai lebih dari 1 maskapai)

Tabel 2.3 Waktu Pemakaian Gate

Pesawat	Waktu di Gate T (menit)
Kelas A	60
Kelas B	40
Kelas C,D, dan E	30

(Sumber : Horrenjeff & McKelvey, 2010)

$$P = G \times 2R + G \times C \quad (2.29)$$

$$L = P_b + C + W \quad (2.30)$$

Dimana :

P = Panjang Apron (ft)

G = Jumlah Gate

R = Radius putar pesawat (ft) atau  $R = (\text{wingspan} / 2) + (\text{wheelbase} / \tan 60)$

C = Jarak pesawat – pesawat atau pesawat – gedung terminal (25-35 ft)

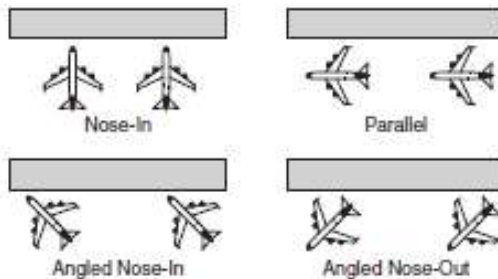
L = Lebar Apron (ft)

$P_b$  = Panjang Pesawat (ft)

W = Lebar taxi lane (160 ft untuk pesawat narrow body atau 290 ft untuk pesawat wide body)

#### 2.7.4.1 Layout Parkir Pesawat

Untuk layout parkir pesawat pada apron terdapat berbagai tipe layout parkir yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini. Untuk tipe parkir angle nosed akan membutuhkan banyak tempat parkir.



Gambar 2.3 Layout Parkir  
(Sumber : Horonjeff & Mckelvey , 1988)

Pada layout parkir *nose-in*, pesawat diparkir tegak lurus gedung terminal , dengan hidung pesawat berjarak sedekat mungkin dengan gedung terminal. Pesawat melakukan manuver kedalam posisi parkir tanpa bantuan kendaraan penarik. Untuk meninggalkan pintu-hubung, pesawat harus didorong sampai suatu jarak yang cukup untuk bergerak dengan kekuatan sendiri. Untuk layout parkir *angle nose-in* , pesawat diparkir tidak tegak lurus gedung terminal, akibatnya dibutuhkan daerah parkir di pintu-hubung lebih luas. Layout parkir *nose-in* memiliki kelebihan yaitu semburan jet tidak diarahkan ke gedung terminal.

Pada layout parkir *nose-out*, pesawat diparkir tegak lurus gedung terminal dengan ekor pesawat berjarak sedekat mungkin dengan gedung terminal. Pesawat melakukan manuver kedalam posisi parkir dengan bantuan kendaraan penarik. Untuk meninggalkan pintu-hubung, pesawat bergerak dengan kekuatan sendiri meninggalkan gedung terminal. Untuk layout parkir *angle nose-out* , pesawat diparkir tidak tegak lurus gedung terminal sehingga dibutuhkan daerah parkir di pintu-hubung lebih luas. Semburan jet di arahkan ke gedung terminal bila pesawat parkir dengan layout parkir *nose-out*.

### 2.7.4.2 Gate

Gate penumpang adalah suatu pintu yang digunakan untuk proses pergerakan penumpang keluar dari ruang tunggu menuju ke bus ataupun langsung menuju pesawat.

#### a. Kapasitas Gate

Kapasitas gate atau gate capacity mengacu pada kemampuan dari sejumlah gate tertentu untuk mengakomodasi proses bongkar muat pesawat dalam kondisi permintaan yang terus menerus. Jumlah maksimum pesawat yang pengoperasiannya dapat diakomodasi oleh komponen group gate-apron (gate capacity) bergantung pada :

1. Komposisi parkir pesawat pada gate-apron
2. Pelayanan dasar pesawat dan karakteristik pemuatan penumpang
3. Jumlah dan gabungan dari gate dan area berdasarkan kategori
4. Pelaksanaan penjadwalan pesawat

#### b. Jumlah Gate

Jumlah gate ditentukan sedemikian rupa sehingga aliran pesawat per jam yang telah ditentukan dapat diakomodasi. Dengan demikian, jumlah gate yang dibutuhkan tergantung pada jumlah pesawat yang akan ditangani selama jam yang telah direncanakan dan jumlah waktu tiap pesawat menempati sebuah gate. Jumlah pesawat yang harus ditangani secara bersamaan merupakan sebuah fungsi dari volume kepadatan lalu lintas di bandara. Namun untuk memperoleh sebuah desain bandara yang seimbang, volume tersebut tidak boleh melampaui kapasitas dari runway yang ada.



### c. Ukuran Gate

Sebuah gate diukur berdasarkan pada property geometris dari pesawat yang akan menggunakan sebuah gate. Oleh karena itu, sebuah gate dapat dikatakan sebagai *wide-bodied gates* dikarenakan gate tersebut diukur untuk mengakomodasi pesawat berukuran besar. Gate-gate ini juga dapat digunakan oleh pesawat berukuran kecil.

### d. Waktu pemakaian Gate ( Gate Occupancy Time )

Lamanya masing-masing kegiatan pesawat selama parkir di apron tentu saja akan mempengaruhi kapan sebuah gate penumpang dibuka agar proses boarding dapat dilakukan.

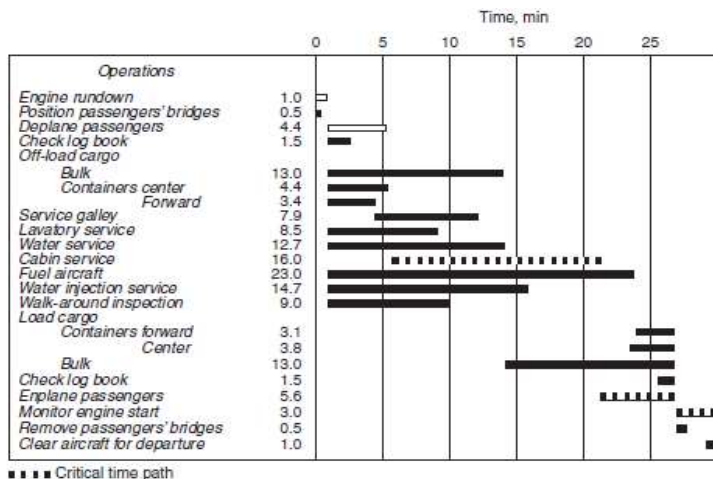
Pada saat pesawat parkir di apron ada dua hal berbeda yang dilakukan. Yang pertama adalah menaikkan dan menurunkan penumpang dan bagasi. Kemudian yang kedua adalah merawat pesawat yakni membersihkan kabin, mempersiapkan pelayanan penumpang, pengecekan sebelum terbang, dan mengisi bahan bakar.

Waktu pemakaian gate (gate occupancy time) yang menjadi penentu dari keseluruhan kapasitas gate-apron bandara bergantung dari variable-variabel berikut :

1. Tipe pesawat
2. Apakah penerbangan tersebut adalah penerbangan asal, pulang-pergi atau terusan
3. Volume penurunan dan kenaikan penumpang per penerbangan
4. Jumlah bagasi per penerbangan
5. Produktivitas pelayanan maskapai dan efisiensi petugas di apron
6. Penggunaan khusus oleh sebuah maskapai atau pesawat tertentu dan ketersediannya untuk seluruh pengguna

Namun pada umumnya, masing-masing kegiatan tersebut memerlukan waktu yang berbeda-beda tergantung dari airport ground handling yang mengerjakannya juga karakteristik dari pesawat itu sendiri, walaupun berasal dari airlines yang sama. Dari waktu ini dapat diketahui waktu kritis yaitu waktu minimum untuk seluruh kegiatan. Sedangkan untuk langkah-langkah kegiatannya disebut jalur waktu kritis (critical time path) yaitu waktu minimum yang dibutuhkan untuk pemrosesan. Dari waktu tersebut, dapat diketahui waktu terpanjang dari mulainya salah satu kegiatan sampai mulainya kegiatan yang lain seperti terlihat di gambar 2.3

Biasaya maskapai penerbangan memperkirakan waktu yang dibutuhkan sekitar 30 – 40 menit untuk proses di apron termasuk pelayanan di kabin. Apabila tidak ada pelayanan kabin atau pelayanan makanan, waktu ini biasanya hanya 20 – 30 menit



Gambar 2.4 Contoh Waktu Pelayanan Kritis Kegiatan Pesawat  
(Sumber : Horonjeff & Mckelvey , 2010)

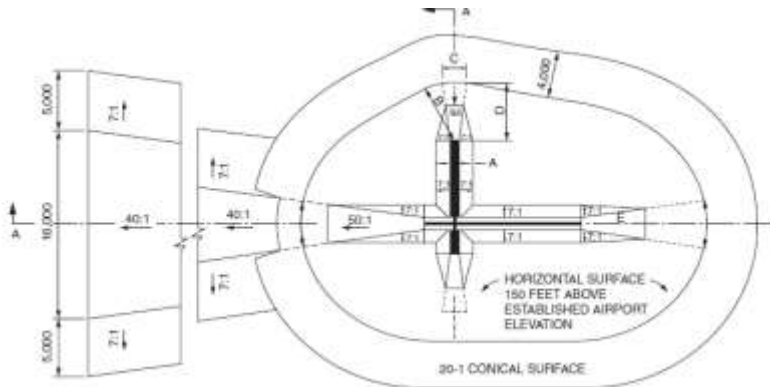
Gambar 2.4 menunjukkan tentang proses kegiatan pesawat selama berada di *apron* disertai dengan estimasi waktu yang diperlukan oleh setiap kegiatan tersebut. Dari gambar tersebut diketahui pula lama waktu yang dibutuhkan untuk kegiatan kritis seperti mematikan mesin, penumpang turun, membersihkan kabin, penumpang naik, dan menghidupkan mesin. Estimasi waktu tersebut dapat dilihat untuk masing-masing jenis pesawat di *aircraft manual*.

Berdasarkan contoh waktu pelayanan kegiatan pesawat tersebut, dapat diketahui estimasi keseluruhan waktu yang dibutuhkan oleh sebuah pesawat dalam menggunakan sebuah *gate*. Jika ada salah satu kegiatan yang dilakukan tidak sesuai dengan estimasi yang direncanakan sebelumnya, maka akan menghambat proses kegiatan berikutnya, sehingga dapat menyebabkan *delay* untuk penerbangan selanjutnya. Namun jika seluruh kegiatan berjalan sesuai dengan estimasi waktu yang direncanakan, maka diharapkan tidak terjadi *delay* sehingga pemakaian *gate* menjadi lebih efisien. Dengan demikian maka *gate assignment* dapat dikatakan optimal jika waktu pemakaian masing-masing *gate* efisien dan tidak menimbulkan adanya *delay* yang disebabkan oleh ketidaksesuaian antara estimasi lamanya waktu pemrosesan kegiatan dengan fakta di lapangan.

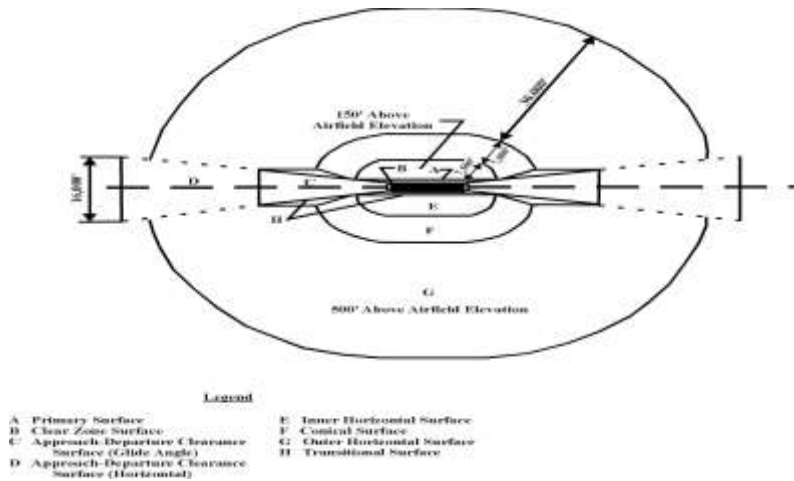
## 2.8 KKOP ( Kawasan Keselamatan Operasional Penerbangan ) / Aerodrome

Setiap bandara pasti memiliki KKOP atau aerodrome atau *runway imaginary surface*. Setiap konfigurasi runway memiliki permukaan imajiner. Kawasan di tanah atau air tertentu (termasuk setiap bangunan, instalasi-instalasi dan peralatan) yang dimaksudkan untuk digunakan seluruh maupun sebagian untuk pendaratan, keberangkatan, dan pergerakan pesawat

Persyaratan aerodrome bagi pelabuhan udara di dalam dan sekitarnya bisa diperoleh dari FAR part 77 dan ICAO Annex 14 part IV . Dua buku ini memnicarakan ruangan imajiner bandara dengan luas tertentu untuk kepentingan operasi pesawat dan navigasi udara.



Gambar 2.5 Runway Imaginary Surface  
(Sumber : Horonjeff & Mckelvey , 2010)



Gambar 2.6 Keterangan Imaginary Surfaces  
(Sumber : FAA, 2011)

Tabel 2.4 Tabel Take Off Speed

Type Pesawat	Take Off Speed (MPH)
A320	163
A330	174
A340	180
B737-800	170
B747-400	174
B767-300	163
B777-200	159
ATR 72-600	134

(Sumber : [airliners.net](http://airliners.net), 2004)

Tabel 2.5 Tabel Landing Speed

Type Pesawat	Landing Speed (MPH)
A320	149
A330	140
A340	150
B737-800	155
B747-400	155
B767-300	150
B777-200	145
ATR 72-600	130

(Sumber : *airliners.net*, 2004)

Tabel 2.6 Kategori Pesawat berdasarkan kecepatan

Group	Approach Speed (knots)	Example Aircraft
A	<91	All single engine aircraft, Beechcraft Baron 58
B	91-120	Business jets and commuter aircraft (Beech1900, Saab 2000, Saab 340, Embraer 120, Canadair RJ, etc.)
C	121-140	Medium and Short Range Transports (Boeing 727, B737, MD-80, A320, F100, B757, etc.)
D	141-165	Heavy Transports (Boeing 747, A340, B777, DC-10, A300)
E	>166	BAC Concorde and military aircraft

(Sumber : *FAA*, 2010)

Tabel 2.7 Kategori Pesawat di Bandara Juanda

Jenis Pesawat	Wingspan	Tail Height	Approach Speed	ARC
Boeing B737-300	94.75 ft	36 ft	135 kn	C-III
Boeing B737-400	94.75 ft	36 ft	139 kn	C-III
Boeing B737-500	94.75 ft	36 ft	128 kn	C-III
Boeing B737-800	117.42 ft	41 ft	140 kn	C-III
Boeing B737-900	117.42 ft	41 ft	140 kn	C-III
Airbus A330-300	197.83 ft	56.36 ft	145 kn	D-V
Airbus A330-200	197.83 ft	59.8 ft	145 kn	D-V
Airbus A320-200	111.1 ft	38.72 ft	135 kn	C-III
CRJ	76.12 ft	20 ft	104 kn	B-II
ATR-72	88.1 ft	25 ft	113 kn	B-III

(Sumber : FAA, 2010)

## **BAB III METODOLOGI**

### **3.1 Umum**

Dalam pengerjaan tugas akhir, diperlukan langkah-langkah pengerjaan dan diagram metodologi sehingga tugas akhir dapat diselesaikan secara urut dan sistematis.

### **3.2 Identifikasi Masalah**

Berisi tentang masalah yang akan dibahas dalam tugas akhir ini yakni kinerja fasilitas sisi udara pada 5 hingga 10 tahun yang akan datang sebelum Terminal 3 beroperasi. Dalam Tugas Akhir ini diambil studi kasus Bandara Internasional Juanda Surabaya.

### **3.3 Studi Literatur**

Studi literatur pada tugas akhir ini diperlukan sebagai sarana penunjang untuk menyelesaikan Tugas Akhir. Di dalam proses studi literatur, dapat diketahui berbagai macam dasar teori yang akan digunakan dalam Tugas Akhir ini yang meliputi peraturan-peraturan yang akan dijadikan referensi serta metode perhitungan kapasitas dan kinerja fasilitas sisi udara dilihat dari sisi waktu. Peraturan yang terkait adalah aturan yang berkaitan dengan kinerja apron, taxiway, dan runway serta aturan mengenai ruang bebas operasional penerbangan.

### **3.4 Pengumpulan dan Pengambilan Data**

Data yang dipakai dalam proses perhitungan antara lain :

- Data jumlah penumpang per tahun
- Data jumlah pergerakan pesawat per tahun  
Data pergerakan pesawat ini untuk menentukan Data Peak Hour termasuk didalamnya jenis pesawat yang digunakan yang terdiri dari beberapa kategori
- Data mengenai rencana penambahan rute
- Data ROT



Runway Occupancy Time adalah lamanya waktu yang diperlukan pesawat mulai dari landing hingga meninggalkan runway. Lamanya waktu tergantung dari kecepatan pesawat saat landing dan adanya exit taxiway terdekat.

Data tersebut merupakan data sekunder dan dapat didapatkan dengan menghubungi pihak PT. Angkasa Pura I selaku pihak yang mengelola Bandara Internasional Juanda Surabaya atau website Kementerian Perhubungan Republik Indonesia Direktorat Jendral Perhubungan Udara. Data Primer berupa pengamatan langsung di lokasi studi tidak dimungkinkan karena alasan keamanan, sehingga digunakan hanya data sekunder.

### **3.5 Skenario Evaluasi**

Dalam tugas akhir ini, terdapat dua skenario yang akan dievaluasi, yaitu skenario 1 dan skenario 2. Skenario 1 berbeda dengan Skenario 2.

#### **3.5.1 Skenario 1**

Dalam skenario ini, tidak ada penambahan fasilitas sisi udara pada Bandara Internasional Juanda Surabaya. Fasilitas udara yang ada saat ini tetap digunakan dan dievaluasi guna pertumbuhan 5 – 10 tahun yang akan datang.

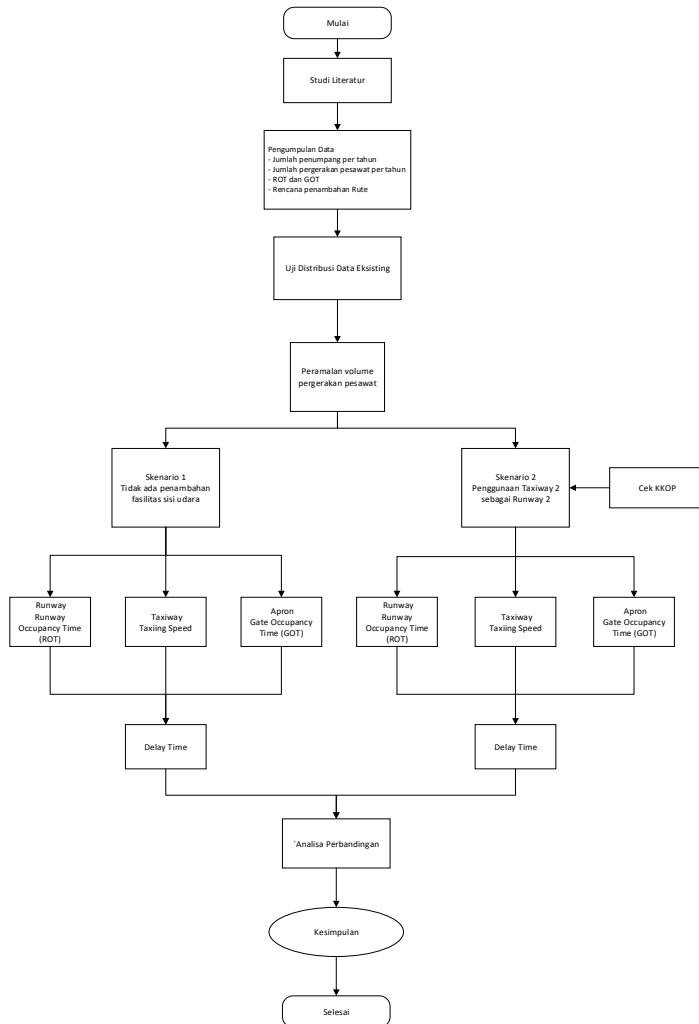
#### **3.5.2 Skenario 2**

Dalam skenario ini, terdapat penambahan fasilitas sisi udara yakni penggunaan Taxiway 2 sebagai Runway 2. Dengan penambahan fasilitas ini, dilakukan evaluasi untuk masa 5 hingga 10 tahun yang akan datang

### **3.6 Analisis Perbandingan**

Dari skenario-skenario tadi, dilakukan perbandingan terhadap hasil yang diperoleh.

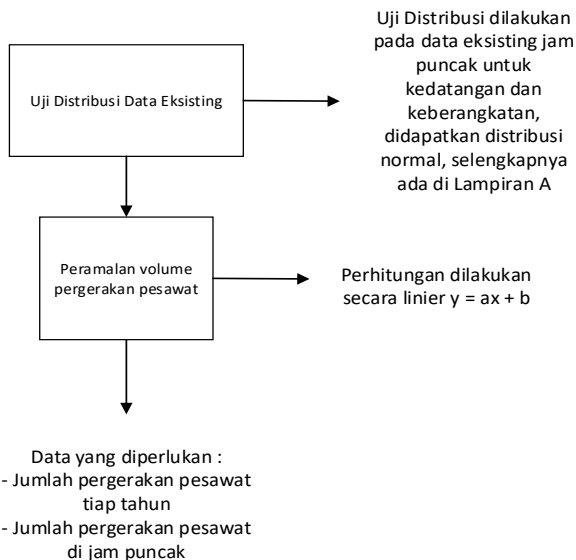
### 3.7 Diagram Metode



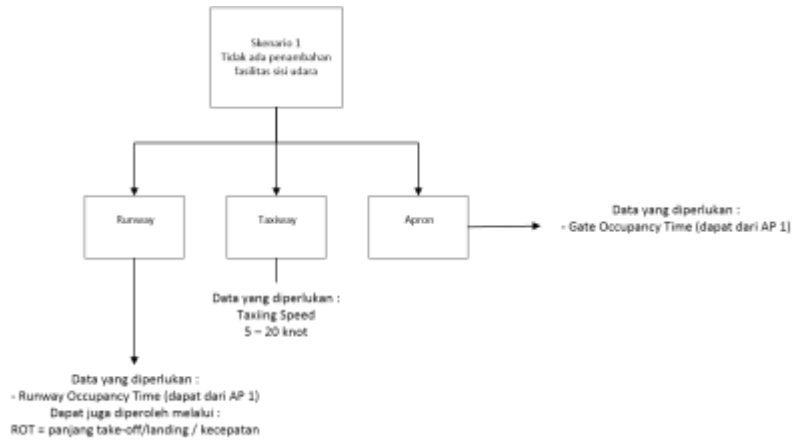
Gambar 3.1 Diagram Metodologi Pengerjaan

### 3.8 Penjelasan Diagram Alir

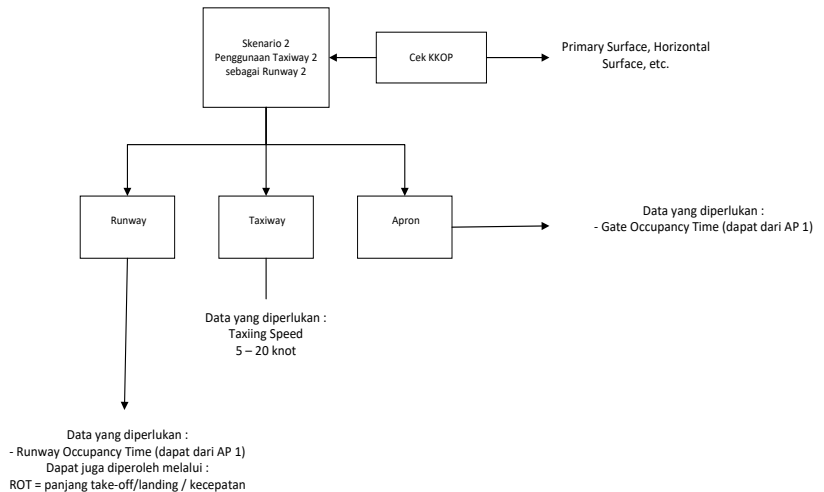
1. Pada tahapan Studi Literatur , materi yang diperlukan adalah :
  - Metode Peramalan Lalu Lintas Udara
  - Peramalan dalam Perencanaan Penerbangan
  - Kapasitas Ruang Udara
    1. Kapasitas Runway , perhitungan , dan waktu pemakaian
    2. Kapasitas Apron → Layout parkir , gate
  - KKOP / Aerodrome
2. Pada tahapan Uji Distribusi Data Eksisting dan Peramalan Volume Pergerakan Pesawat diperlukan :



3. Pada tahapan Skenario 1 yakni tidak ada penambahan fasilitas sisi udara :



4. Pada tahapan Skenario 2 yakni penggunaan Taxiway 2 menjadi Runway 2 :



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## BAB IV ANALISIS LALU LINTAS UDARA

### 4.1 Peramalan Pergerakan Pesawat

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, diperlukan analisa perhitungan peramalan pergerakan pesawat di masa yang akan datang. Analisa dilakukan untuk masa 5 dan 10 tahun yang akan datang dari tahun studi. Analisa ini diperlukan guna mengetahui berapa perkiraan pesawat yang bergerak di sekitar wilayah udara bandara pada masa yang ditentukan karena mempengaruhi kinerja bandara secara signifikan.

Melalui analisa tersebut didapatkan jumlah pergerakan pesawat sampai 10 tahun kedepan atau sampai Tahun 2027.

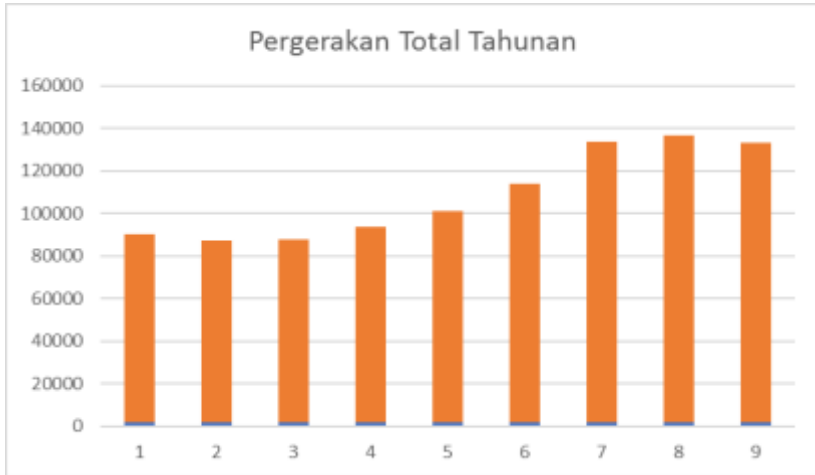
Data historis yang digunakan adalah data pergerakan pesawat dari tahun 2006 sampai tahun 2014. Data tersebut tersusun atas jumlah kedatangan dan keberangkatan baik domestik dan internasional seperti pada Tabel 4.1

**Tabel 4.1** Total Pergerakan Pesawat Tahun 2006 - 2014

Tahun ke-	Tahun	Domestik			Internasional			Total
		Arr	Dep	Total	Arr	Dep	Total	
1	2006	39899	39845	79744	4257	4290	8547	88291
2	2007	38476	38432	76908	4089	4095	8184	85092
3	2008	38168	38220	76388	4618	4644	9262	85650
4	2009	40757	40839	81596	4923	4941	9864	91460
5	2010	44103	44156	88259	5318	5347	10665	98924
6	2011	50835	50879	101714	5091	5054	10145	111859
7	2012	60301	60385	120686	5385	5378	10763	131449
8	2013	60395	60355	120750	6989	6994	13983	134733
9	2014	59195	59207	118402	6398	6388	12786	131188

(Sumber : PT Angkasa Pura I ; Dirjenhubud Kemenhub)

Grafik 4.1 menunjukkan bahwa pada tahun 2007 mengalami penurunan dari tahun sebelumnya, kemudian kembali naik sampai tahun 2014 dengan 131188 pergerakan.



Gambar 4.1 Grafik Pergerakan Total Pesawat Tahunan

Peramalan lalu lintas ini menggunakan analisa regresi dengan bantuan program bantu *Microsoft Excel*. Ada beberapa tipe analisa regresi yang dapat digunakan diantaranya regresi *Linear*, *Exponential*, *Logarithmic*, dan *Polynomial*.

Keempat tipe tersebut dicoba untuk meramalkan total pergerakan pesawat dan dari hasil analisa regresi masing-masing tipe dibandingkan dengan data awal, kemudian dipilih yang paling sesuai seperti pada langkah berikut :

1. Inputkan data total pergerakan pesawat pada tahun 2006-2014 kedalam *worksheet Microsoft Excel* seperti pada Tabel 4.1
2. Membuat grafik hubungan antara waktu sebagai sumbu horizontal ( tahun ke-1 = tahun 2006) dengan total pergerakan sebagai sumbu vertikal.
3. Memilih analisa regresi (*Linear*, *Exponential*, *Logarithmic*, atau *Polynomial*)
4. Menampilkan persamaan regresi beserta koefisien determinasi pada grafik

Grafik hasil regresi beserta persamaan regresi dan koefisien determinasi dapat dilihat pada Gambar 4.2 hingga Gambar 4.5.



Gambar 4.2 Grafik total pergerakan 2006-2014 tipe *Linear*



Gambar 4.3 Grafik total pergerakan 2006-2014 tipe *Polynomial*





Gambar 4.4 Grafik total pergerakan 2006-2014 tipe *Exponential*



Gambar 4.5 Grafik total pergerakan 2006-2014 tipe *Logarithmic*

Persamaan regresi dari tiap tipe yang didapat, dimasukkan 9 sebagai variabel  $x$  yang artinya adalah tahun ke-9 atau tahun 2014, kemudian bandingkan dengan data pergerakan total tahun 2014 sebesar 131188.

Koefisien determinasi ( $R^2$ ) adalah suatu bilangan yang menyatakan korelasi antara jumlah pergerakan total dengan peubah tahun (waktu). Semakin nilai  $R^2$  mendekati 1 (satu) maka ada korelasi positif antara jumlah pergerakan total dengan peubah tahun (waktu) yang berarti jumlah pergerakan total akan bertambah dari tahun ke tahun seperti pada Tabel 4.2.

**Tabel 4.2** Persamaan Regresi dan Koefisien Determinasi

Tipe	Persamaan Regresi	$R^2$	Tahun ke-9
Exponential	$y = 74896e^{0.067x}$	0.8848	136628
Linear	$y = 7208.5x + 70474$	0.8743	135351
Logarithmic	$y = 24188\ln(x) + 72110$	0.6791	125257
Polynomial	$y = 554.65x^2 + 1662.6x + 80642$	0.9009	140533

Untuk hasil perhitungan tahun 2014 diketahui angka yang paling mendekati data historis adalah angka hasil persamaan regresi linear sebesar 131188. Maka analisa regresi tipe Linear dianggap sesuai untuk meramalkan pergerakan pesawat sampai 10 tahun yang akan datang.

#### 4.1.1 Peramalan Pergerakan Total Pesawat di Runway

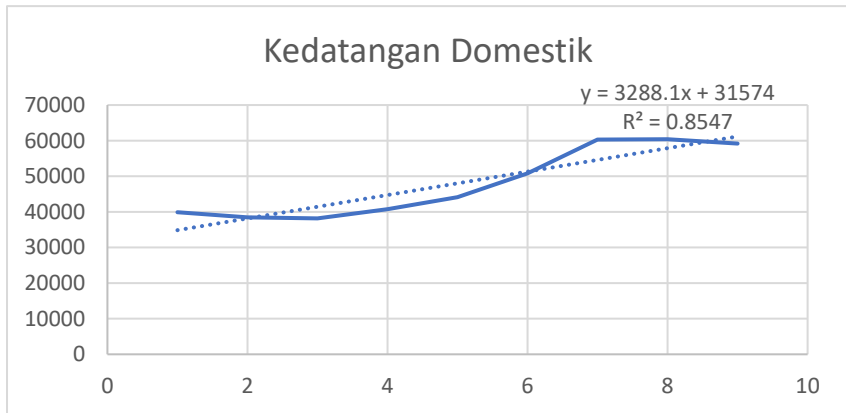
Berdasarkan data jumlah total pergerakan pesawat di runway tahun 2006-2014 untuk masing-masing penerbangan domestik maupun internasional keberangkatan dan kedatangan dilakukan peramalan dengan langkah berikut :

1. Inputkan data total pergerakan pesawat di runway pada tahun 2006-2014 kedalam worksheet Microsoft Excel seperti pada Tabel 4.1
2. Membuat grafik hubungan antara waktu sebagai sumbu horizontal ( tahun ke-1 = tahun 2006) dengan masing-

masing pergerakan kedatangan dan keberangkatan domestik serta kedatangan dan keberangkatan internasional sebagai sumbu vertikal. (untuk total tidak diregresikan, dijumlah seperti penjumlahan biasa)

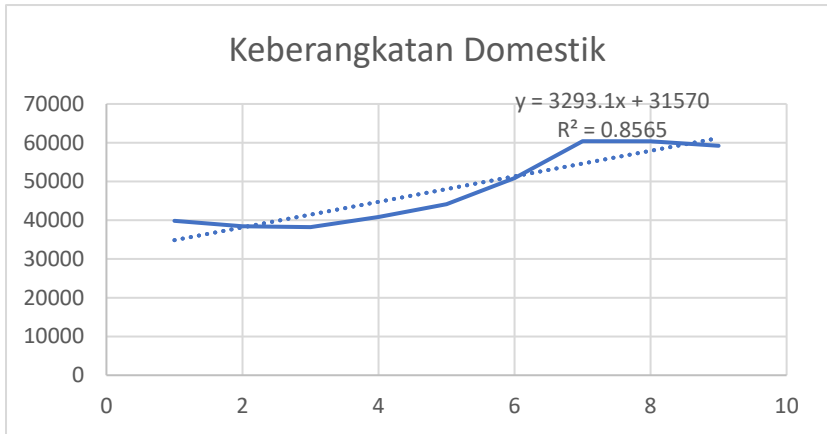
3. Menampilkan persamaan regresi dan koefisien determinasi berupa grafik

Tampak pada Gambar 4.6 yang memperlihatkan pertumbuhan jumlah kedatangan pesawat domestik pada tahun 2006-2014



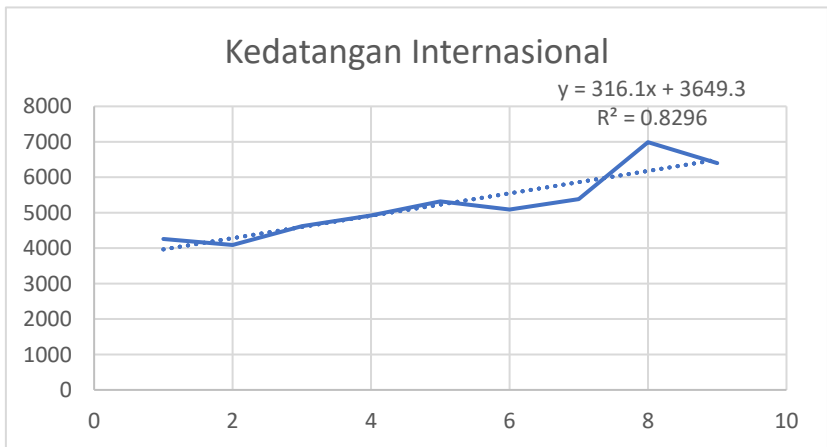
Gambar 4.6 Grafik Jumlah Kedatangan Pesawat Domestik tahun 2006-2014

Dari Gambar 4.6 tersebut didapatkan persamaan regresi  $y = 3288.1x + 31574$  dan koefisien determinasinya ( $R^2$ ) adalah sebesar 0.8547. Gambar 4.7 menunjukkan pertumbuhan jumlah keberangkatan pesawat domestik tahun 2006-2014.



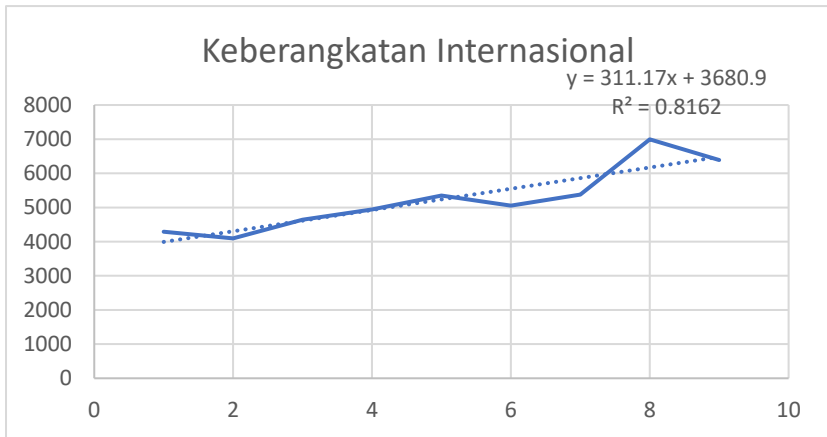
**Gambar 4.7 Grafik Jumlah Keberangkatan Pesawat Domestik tahun 2006-2014**

Dari Gambar 4.7 didapatkan persamaan regresi  $y = 3293.1x + 31570$  dengan koefisien determinasi ( $R^2$ ) adalah sebesar 0.8565. Gambar 4.8 menggambarkan pertumbuhan jumlah kedatangan pesawat internasional tahun 2006-2014.



**Gambar 4.8 Grafik Jumlah Kedatangan Pesawat Internasional tahun 2006-2014**

Dari Gambar 4.8 didapatkan persamaan regresi  $y = 316.1x + 3469.3$  dengan koefisien determinasi ( $R^2$ ) adalah sebesar 0.8296. Gambar 4.9 memperlihatkan pertumbuhan jumlah keberangkatan pesawat internasional tahun 2006-2014.



Gambar 4.9 Grafik Jumlah Keberangkatan Pesawat Internasional tahun 2006-2014

Dari Gambar 4.9 didapatkan persamaan regresi  $y = 311.17x + 3680.9$  dengan koefisien determinasi ( $R^2$ ) adalah sebesar 0.8162. Dari grafik pada Gambar 4.6 hingga 4.9 didapatkan persamaan regresi dan koefisien determinasi ( $R^2$ ) seperti tampak pada Tabel 4.3

**Tabel 4.3** Persamaan Regresi Peramalan Jumlah Pergerakan Total Pesawat

Jenis Pergerakan	Persamaan Regresi	R <sup>2</sup>
Kedatangan Domestik	$y = 3288.1x + 31574$	0.8547
Keberangkatan Domestik	$y = 3293.1x + 31570$	0.8565
Kedatangan Internasional	$y = 316.1x + 3649.3$	0.8296
Keberangkatan Internasional	$y = 311.17x + 3680.9$	0.8162

Setelah didapatkan persamaan regresi dapat diramalkan pertumbuhan jumlah pesawat pada tahun rencana. Dari persamaan pada Tabel 4.3 dimasukkan urutan tahun kedalam x. Tahun 2015 menjadi tahun ke-10 dan seterusnya.

Contoh dapat dilihat pada perhitungan untuk tahun 2015 pada kedatangan internasional sebagai berikut :

1. Persamaan regresi untuk kedatangan internasional  $y = 316.1x + 3649.3$
2. Tahun 2015 adalah tahun ke-10 maka  $x = 10$
3.  $x = 10$   
 $y = 316.1(10) + 3649.3 = 6811$  pesawat

Total domestik total internasional tidak memerlukan analisa regresi. Jumlah tersebut didapatkan dari penjumlahan biasa antara kedatangan dan keberangkatan yang didapat melalui persamaan regresi. Sedangkan total keseluruhan juga melalui penjumlahan biasa total domestik dengan total internasional. Hasil perhitungan untuk tahun-tahun berikutnya ditunjukkan oleh Tabel 4.4

**Tabel 4.4** Hasil Peramalan Jumlah Pergerakan Total di Runway tahun 2015-2027

Tahun ke-	Tahun	Domestik			Internasional			Total
		Arr	Dep	Total	Arr	Dep	Total	
10	2015	64455	64501	128956	6811	6793	13604	142560
11	2016	67744	67795	135539	7127	7104	14231	149770
12	2017	71032	71088	142120	7443	7415	14858	156978
13	2018	74320	74381	148701	7759	7727	15486	164187
14	2019	77608	77674	155282	8075	8038	16113	171395
15	2020	80896	80967	161863	8391	8349	16740	178603
16	2021	84184	84260	168444	8707	8660	17367	185811
17	2022	87472	87553	175025	9023	8971	17994	193019
18	2023	90760	90846	181606	9340	9282	18622	200228
19	2024	94048	94139	188187	9656	9594	19250	207437
20	2025	97336	97432	194768	9972	9905	19877	214645
21	2026	100625	100726	201351	10288	10216	20504	221855
22	2027	103913	104019	207932	10604	10527	21131	229063

Dari Tabel 4.4 didapatkan jumlah total pergerakan pesawat untuk tahun rencana 2022 adalah 193019 pergerakan dan tahun rencana 2027 adalah 229063 pergerakan.

#### 4.1.2 Penentuan *Peak Month*, *Peak Day*, dan *Peak Hour*

Setelah didapatkan jumlah pergerakan total pesawat di runway pada tahun rencana, dilakukan perhitungan volume jam puncak yaitu jumlah pergerakan pesawat pada saat kondisi jam puncak atau sesibuk-sibuknya. Perhitungan peak hour dalam Tugas Akhir ini diperlukan guna :

1. sebagai dasar acuan kondisi paling maksimum penggunaan runway
2. untuk mengetahui tingkat pergerakan maksimum pesawat pada saat kondisi peak hour

Berdasarkan data eksisting yang ada jumlah rata-rata pergerakan harian pesawat di *runway* dalam 1 tahun dan jumlah pergerakan pesawat di *runway* pada bulan puncak dalam 1 tahun dapat diketahui *peak month ratio*. *Peak month ratio* ini diperlukan untuk mendapatkan nilai jumlah pergerakan pesawat pada bulan puncak dalam tahun yang diinginkan. Sehingga pola pincak jumlah pergerakan pesawat adalah sama dengan tahun eksisting.

Perhitungan ini membutuhkan data historis pergerakan pesawat tiap bulan pada tahun 2006-2014 seperti tampak pada Tabel 4.5.

**Tabel 4.5** Pergerakan Pesawat tiap bulan pada tahun 2006-2014

No	Bulan	Total Pergerakan								
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
1	Januari	7254	7264	7646	7400	7853	9205	10610	11806	11522
2	Februari	6363	6022	6942	6491	7423	8221	9597	9561	8948
3	Maret	6834	6925	7202	7264	7470	9023	10395	10924	10420
4	April	6658	6738	6895	7801	8251	8419	10170	10809	9804
5	Mei	6905	6649	7014	7912	8711	8844	10556	11590	10954
6	Juni	7460	6860	7384	7762	8500	9161	10876	11568	10826
7	Juli	8119	7414	7065	7910	8311	9662	10824	10378	10416
8	Agustus	8122	7519	6649	7528	7740	8863	11608	12048	11799
9	September	7307	6762	6762	7508	8276	9817	11521	11164	11416
10	Oktober	7266	7600	7381	8117	8548	10072	11639	11558	11610
11	November	7832	7418	7154	7761	8544	10094	11622	11470	11167
12	Desember	8171	7921	7556	8006	9257	10478	12031	11857	12306
Total		88291	85092	85650	91460	98884	111859	131449	134733	131188

(Sumber : PT. Angkasa Pura I ; Dirjenhubud Kemenhub)

Contoh perhitungan yang dilakukan untuk mendapatkan nilai *peak month ratio* adalah seperti berikut :

1. Pada bulan Januari tahun 2006 terdapat jumlah pergerakan 7254 dan total pergerakan 88291.
2. Ratio bulan Januari 2006 adalah jumlah total pergerakan di bulan Januari dibagi dengan jumlah total pergerakan pesawat tahun 2006
3.  $R_{month} = N_{month} / N_{year}$   
 $= 7254 / 88291$   
 $= 0.083$



**Tabel 4.6** Ratio Pergerakan Bulanan Pesawat Terhadap Total satu tahun

No	Bulan	Total Pergerakan								
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
1	Januari	0.083	0.086	0.09	0.081	0.08	0.082	0.081	0.088	0.087
2	Februari	0.073	0.071	0.082	0.071	0.076	0.073	0.074	0.071	0.068
3	Maret	0.078	0.082	0.085	0.08	0.076	0.08	0.08	0.082	0.079
4	April	0.076	0.08	0.081	0.086	0.084	0.075	0.078	0.081	0.074
5	Mei	0.079	0.079	0.082	0.087	0.089	0.079	0.081	0.087	0.083
6	Juni	0.085	0.081	0.087	0.085	0.086	0.081	0.083	0.086	0.082
7	Juli	0.092	0.088	0.083	0.087	0.085	0.086	0.083	0.078	0.079
8	Agustus	0.092	0.089	0.078	0.083	0.079	0.079	0.089	0.09	0.089
9	September	0.083	0.08	0.079	0.083	0.084	0.087	0.088	0.083	0.087
10	Oktober	0.083	0.09	0.087	0.089	0.087	0.09	0.089	0.086	0.088
11	November	0.089	0.088	0.084	0.085	0.087	0.09	0.089	0.086	0.085
12	Desember	0.093	0.093	0.089	0.088	0.094	0.093	0.092	0.089	0.093
Total		1	1	1	1	1	1	1	1	1

Rasio tertinggi didapatkan pada bulan Desember tahun 2010 sebesar 0.094. Rasio maksimum dari tabel diatas merupakan *peak month ratio*. Maka untuk mendapatkan peramalan pergerakan maksimum pesawat pada tahun rencana digunakan *peak month ratio* sebesar 0.094.

Berdasarkan jadwal penerbangan bulan Desember tahun 2010 dapat diketahui pergerakan pesawat setiap hari selama satu bulan. Dari data tersebut dapat dihitung *peak day ratio*. Peak Day Ratio diperlukan untuk mengetahui nilai jumlah pergerakan pesawat pada hari tersibuk pada bulan puncak tahun yang diinginkan.

**Tabel 4.7** Jumlah Pergerakan Pesawat Setiap Hari pada Bulan Desember 2010

Hari	Tanggal	Jumlah Pergerakan	Total
Senin	6,13,20,27	264	1056
Selasa	7,14,21,28	275	1100
Rabu	1,8,15,22,29	272	1360
Kamis	2,9,16,23,30	269	1345
Jumat	3,10,17,24,31	282	1410
Sabtu	4,11,18,25	273	1092
Minggu	5,12,19,26	269	1076
Total			8439

(Sumber : PT. Angkasa Pura I)

Contoh perhitungan yang dilakukan untuk mendapatkan nilai *peak day ratio* adalah seperti berikut :

1. Pada bulan Desember tahun 2010 terdapat jumlah pergerakan 8439 pergerakan pada hari Senin adalah 264 pergerakan.
2. Rasio pada hari Senin adalah jumlah total pergerakan di hari Senin dibagi dengan jumlah total pergerakan pesawat bulan Desember tahun 2010
3.  $R_{day} = N_{day} / N_{month}$   
 $= 264 / 8439$   
 $= 0.0313$

Untuk hari yang lain, didapatkan dengan cara yang sama. Hasil perhitungan disajikan pada Tabel 4.8

**Tabel 4.8** Rasio Pergerakan Harian terhadap Bulanan

Hari	Tanggal	Jumlah Pergerakan	Ratio
Senin	6,13,20,27	264	0.0313
Selasa	7,14,21,28	275	0.0326
Rabu	1,8,15,22,29	272	0.0323
Kamis	2,9,16,23,30	269	0.0319
Jumat	3,10,17,24,31	282	0.0335
Sabtu	4,11,18,25	273	0.0324
Minggu	5,12,19,26	269	0.0319

Hari Jumat merupakan hari tersibuk dalam satu minggu. Sehingga rasio pergerakan pada hari Jumat yaitu 0.0335 merupakan *peak day ratio*. Dari data pergerakan pesawat per jam di runway pada hari tersibuk dapat didapatkan *peak hour ratio*. *Peak hour ratio* diperlukan untuk mendapatkan nilai jumlah pergerakan pesawat pada jam puncak di tahun yang diinginkan. Sehingga pola puncak pergerakan pesawat sama dengan pada tahun eksisting.

Perhitungan yang dilakukan untuk mendapatkan peak hour ratio adalah sebagai berikut :

1. Pada hari Jumat , 3 Desember 2010 terdapat jumlah pergerakan 282 pergerakan.
2. Pergerakan terbanyak terjadi pada jam 07.00-07.59 dengan 25 pergerakan
3.  $R\ hour = N\ hour / N\ day$   
 $= 25 / 282$   
 $= 0.0887$

Dengan mengetahui *peak month ratio*, *peak day ratio*, dan *peak hour ratio* kondisi eksisting, maka jumlah pergerakan pesawat pada kondisi peak hour pada tahun rencana ke-17 tahun 2022 dan tahun rencana ke-22 atau 2027 dapat dihitung. Perhitungan rasio sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 4.9

**Tabel 4.9** Hasil perhitungan Peak Month Ratio, Peak Day Ratio , dan Peak Hour Ratio

No	Jenis <i>Ratio</i>	<i>Ratio</i>
1	Peak Month Ratio	0.094
2	Peak Day Ratio	0.0335
3	Peak Hour Ratio	0.0887

Untuk mengetahui jumlah pergerakan pesawat pada bulan puncak tahun 2022, dapat menggunakan rumus jumlah pesawat dalam satu tahun dikali dengan *peak month ratio*. Contoh perhitungan :

$$\begin{aligned} N \text{ month} &= N \text{ year} \times R \text{ month} \\ &= 193019 \times 0.094 \\ &= 18146 \text{ pergerakan} \end{aligned}$$

Tabel 4.10 menunjukkan jumlah pergerakan pesawat setiap bulan yang telah dihitung. Dapat dilihat pada tahun 2022 pada bulan puncak terdapat 18146 pergerakan.

**Tabel 4.10** Peramalan Jumlah Pergerakan Pesawat di Runway pada bulan puncak

Tahun ke-	Tahun	Domestik			Internasional			Total
		Arr	Dep	Total	Arr	Dep	Total	
10	2015	6059	6064	12123	641	639	1280	13403
11	2016	6368	6373	12741	670	668	1338	14079
12	2017	6677	6683	13360	700	698	1398	14758
13	2018	6987	6992	13979	730	727	1457	15436
14	2019	7296	7302	14598	760	756	1516	16114
15	2020	7605	7611	15216	789	785	1574	16790
16	2021	7914	7921	15835	819	815	1634	17469
17	2022	8223	8230	16453	849	844	1693	18146
18	2023	8532	8540	17072	878	873	1751	18823
19	2024	8841	8850	17691	908	902	1810	19501
20	2025	9150	9159	18309	938	932	1870	20179
21	2026	9459	9469	18928	968	961	1929	20857
22	2027	9768	9778	19546	997	990	1987	21533

Untuk mendapatkan jumlah pergerakan harian pesawat pada bulan puncak tahun 2022, digunakan rumus jumlah pergerakan pesawat pada bulan puncak dikali dengan *peak day ratio*. Contoh perhitungan :

$$\begin{aligned} N \text{ day} &= N \text{ month} \times R \text{ day} \\ &= 18146 \times 0.0335 \\ &= 610 \text{ pergerakan} \end{aligned}$$

Tabel 4.11 menunjukkan jumlah pergerakan pesawat setiap hari pada bulan puncak yang telah dihitung. Dapat dilihat pada tahun 2022 pada bulan puncak di hari tersibuk terdapat 610 pergerakan.

**Tabel 4.11** Peramalan Jumlah Pergerakan Pesawat di Runway pada hari tersibuk

Tahun ke-	Tahun	Domestik			Internasional			Total
		Arr	Dep	Total	Arr	Dep	Total	
10	2015	203	204	407	22	22	44	451
11	2016	214	214	428	23	23	46	474
12	2017	224	224	448	24	24	48	496
13	2018	235	235	470	25	25	50	520
14	2019	245	245	490	26	26	52	542
15	2020	255	255	510	27	27	54	564
16	2021	266	266	532	28	28	56	588
17	2022	276	276	552	29	29	58	610
18	2023	286	287	573	30	30	60	633
19	2024	297	297	594	31	31	62	656
20	2025	307	307	614	32	32	64	678
21	2026	317	318	635	33	33	66	701
22	2027	328	328	656	34	34	68	724

Untuk mendapatkan jumlah pergerakan pesawat pada peak hour pada hari tersibuk bulan puncak tahun 2022, digunakan rumus jumlah pergerakan pesawat pada hari tersibuk dikali dengan *peak hour ratio*. Contoh perhitungan :

$$\begin{aligned}
 N_{hour} &= N_{day} \times R_{hour} \\
 &= 610 \times 0.0877 \\
 &= 56 \text{ pergerakan}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.12 menunjukkan jumlah pergerakan pesawat jam puncak pada hari tersibuk pada bulan puncak yang telah dihitung. Dapat dilihat pada tahun 2022 pada bulan puncak di hari tersibuk di jam puncak terdapat 56 pergerakan.

**Tabel 4.12** Peramalan Jumlah Pergerakan Pesawat di Runway  
pada saat *Peak Hour* atau Jam Puncak

Tahun ke-	Tahun	Domestik			Internasional			Total
		Arr	Dep	Total	Arr	Dep	Total	
10	2015	19	19	38	2	2	4	42
11	2016	19	19	38	2	2	4	42
12	2017	20	20	40	3	3	6	46
13	2018	21	21	42	3	3	6	48
14	2019	22	22	44	3	3	6	50
15	2020	23	23	46	3	3	6	52
16	2021	24	24	48	3	3	6	54
17	2022	25	25	50	3	3	6	56
18	2023	26	26	52	3	3	6	58
19	2024	27	27	54	3	3	6	60
20	2025	28	28	56	3	3	6	62
21	2026	29	29	58	3	3	6	64
22	2027	30	30	60	3	3	6	66

**Tabel 4.13** Pergerakan Pesawat di Runway tanggal 3 Desember 2010

PUKUL	03 DESEMBER 2010		
	ARR	DEP	TOT
00.00 - 00.59	1		1
01.00 - 01.59			0
02.00 - 02.59			0
03.00 - 03.59			0
04.00 - 04.59			0
05.00 - 05.59			0
06.00 - 06.59	4	15	19
07.00 - 07.59	12	13	25
08.00 - 08.59	7	11	18
09.00 - 09.59	10	10	20
10.00 - 10.59	9	8	17
11.00 - 11.59	6	9	15
12.00 - 12.59	5	5	10
13.00 - 13.59	13	6	19
14.00 - 14.59	9	12	21
15.00 - 15.59	8	9	17
16.00 - 16.59	12	7	19
17.00 - 17.59	11	8	19
18.00 - 18.59	9	9	18
19.00 - 19.59	10	13	23
20.00 - 20.59	5	2	7
21.00 - 21.59	4	1	5
22.00 - 22.59	3	1	4
23.00 - 23.59	3	2	5

#### 4.2 Perhitungan Kapasitas *Runway*

Aturan-aturan dasar pengurutan yang digunakan untuk melayani pesawat terbang adalah (Horonjeff, 1988) :

1. Dua pesawat terbang tidak boleh dioperasikan di *runway* pada saat bersamaan
2. Pesawat yang datang diprioritaskan untuk menggunakan *runway* dari pada pesawat yang akan berangkat
3. Keberangkatan dapat dilakukan apabila *runway* telah bebas dan kedatangan berikutnya paling sedikit berada pada suatu jarak tertentu dari ambang *runway*.

Selain peraturan diatas, terdapat pula aturan pengoperasian suatu *runway* yang digunakan untuk melayani kedatangan dan keberangkatan (*Airborne Instruments Laboratory*) :

1. Kedatangan diprioritaskan dari pada keberangkatan
2. Keberangkatan tidak dapat dilakukan apabila pesawat yang datang berikutnya berada pada jarak kurang dari suatu jarak tertentu dari ambang *runway*, biasanya 2 nmi (*nautical mile*) dalam kondisi IFR (*Instrument Flight Rules*)

Faktor-faktor yang turut mempengaruhi kapasitas *runway* yang digunakan untuk melayani kedatangan (Horonjeff, 1988) :

1. Campuran pesawat terbang yang diklasifikasikan dalam beberapa kategori kelas menurut kecepatan mendekati *runway*. Pesawat yang akan *takeoff* tidak turut dihitung karena *clearance time* sudah ditetapkan yaitu sebesar 120 sekon.
2. Kecepatan mendekati *runway* dari berbagai kategori kelas pesawat.
3. Panjang jalur pendekatan umum ke landasan dari jalur entry ILS ke ambang *runway*. Bandara Internasional Juanda diketahui memiliki panjang jalur *entry* ke ambang *runway* sebesar 7 mil.



4. Aturan jarak pisah lalu lintas udara minimum atau jarak pisah yang diamati praktis apabila tidak ada peraturan
5. Besar kesalahan dalam waktu kedatangan di *gate* dan kesalahan kecepatan pada jalur pendekatan umuin di *runway*
6. Peluang kemungkinan tertentu dari pelanggaran terhadap jarak pisah lalu lintas udara minimum yang dapat diterima. Dalam operasi maskapai penerbangan berjadwal, terdapat beberapa penerbangan yang akan *landing* dan *takeoff* di saat bersamaan. Hal ini menyebabkan salah satu pesawat harus berputar agar terpisah sejauh jarak pisah minimum dengan pesawat yang ada didepannya.
7. Waktu pemakaian *runway* rata-rata berbagai kategori kelas pesawat dalam campuran dan besarnya pencaran (dispersi) dalam waktu rata-rata tersebut.

#### 4.2.1 Kapasitas *Runway* Eksisting

Perhitungan kapasitas runway eksisting saat ini diasumsikan *peak hour* nya sama dengan tanggal 3 Desember 2010, namun pergerakan pesawat menggunakan data saat ini seperti tampak pada Tabel 4.14

**Tabel 4.14** Pergerakan Pesawat di Runway 26 Mei 2017

PUKUL	26 MEI 2017		
	ARR	DEP	TOTAL
00.00 - 00.59	0		0
01.00 - 01.59			0
02.00 - 02.59			0
03.00 - 03.59			0
04.00 - 04.59			0
05.00 - 05.59	1	14	15
06.00 - 06.59	7	24	31
07.00 - 07.59	16	15	31
08.00 - 08.59	8	16	24
09.00 - 09.59	16	12	28
10.00 - 10.59	14	13	27
11.00 - 11.59	12	17	29
12.00 - 12.59	15	10	25
13.00 - 13.59	6	9	15
14.00 - 14.59	15	9	24
15.00 - 15.59	11	13	24
16.00 - 16.59	11	8	19
17.00 - 17.59	18	10	28
18.00 - 18.59	13	14	27
19.00 - 19.59	14	8	22
20.00 - 20.59	9	7	16
21.00 - 21.59	13	6	19
22.00 - 22.59	1	0	1
23.00 - 23.59	0	0	0
Total	200	205	405

Dari Tabel 4.14 didapatkan *peak hour* (jam puncak) terjadi pada jam 07.00-07.59 dengan 31 pergerakan. Federal Aviation Administration (FAA) mengategorikan pesawat dalam berbagai kelas seperti pada Tabel 4.15

**Tabel 4.15** Kategori Pesawat Berdasarkan Kecepatan oleh FAA

Kategori	Landing Speed
A	< 90 knots
B	91 - 120 knots
C	121 - 140 knots
D	141 - 165 knots

Jadwal penerbangan pada hari Jumat, 26 Mei 2017 jam 07.00-07.59 dapat dilihat pada Tabel 4.16 dan Tabel 4.17 berikut serta campuran pesawat dan karakteristiknya pada Tabel 4.18

**Tabel 4.16** Jadwal Penerbangan Kedatangan 26 Mei 2017 jam 07.00-07.59

No	Kedatangan / Arrivals					
	Type Pesawat	Landing Speed	Kategori Pesawat	Nomor Penerbangan	Dari	Jam
1	B-738	140	C	JT - 823	LOP	7.00
2	B-739	145	D	JT - 691	KOE	7.05
3	B-738	140	C	GA - 302	CGK	7.05
4	B-738	140	C	JT - 801	UPG	7.10
5	ATR-76	120	B	IW - 1814	JOG	7.10
6	A-320	140	C	XT - 7688	CGK	7.15
7	ATR-75	120	B	IW - 1800	SRG	7.15
8	B-735	137	C	IN - 377	BDO	7.15
9	B-739	145	D	JT - 367	BPN	7.20
10	A-320	140	C	QG - 811	CGK	7.25
11	B-735	137	C	IN - 9377	BDO	7.25
12	B-739	145	D	JT - 748	CGK	7.30
13	B-739	145	D	ID - 6370	CGK	7.30
14	B-739	145	D	GA - 449	KOE	7.35
15	B-739	145	D	JT - 683	PKY	7.50
16	B-738	140	C	GA - 304	CGK	7.55

**Tabel 4.17** Jadwal Penerbangan Keberangkatan 26 Mei 2017 jam 07.00-07.59

No	Keberangkatan / Departures					
	Type Pesawat	Take-Off Speed	Kategori Pesawat	Nomor Penerbangan	Tujuan	Jam
1	B-738	140	C	SJ - 262	DJJ	7.00
2	B-739	145	D	JT - 962	LOP	7.05
3	A-320	140	C	QG - 608	UPG	7.10
4	B-739	145	D	JT - 262	BPN	7.20
5	B-738	140	C	ID - 7510	HLP	7.25
6	B-739	145	D	JT - 571	CGK	7.00
7	ATR-76	120	B	IW - 1843	JOG	7.30
8	CRJX	140	C	GA - 368	SRG	7.30
9	B-738	140	C	ID - 6596	AMQ	7.50
10	A-320	140	C	ID - 6174	AMQ	7.35
11	A-320	140	C	XT - 7689	CGK	7.40
12	B-738	140	C	GA - 854	SIN	7.40
13	B-735	137	C	IN - 276	DPS	7.45
14	B-738	140	C	GA - 307	CGK	7.50
15	A-320	140	C	QG - 642	DPS	7.55

**Tabel 4.18** Campuran Pesawat dan Karakteristiknya pada Penerbangan jam 07.00-07.59

Type Pesawat	Approach Speed (knots)	ROT (detik)	Prosentase	
			Arrival	Departure
A				
B	97	62	12.5	7
C	120	67.4	50	72
D	140	64.5	37.5	21

Waktu pemakaian runway atau *Runway Occupation Time (ROT)* ( $R_i$ ) dan kecepatan pendekatan (*approach speed*) merupakan nilai rata-rata tiap kategori pesawat yang di ambil dari berbagai buku. Sementara prosentase campuran kedatangan dan

keberangkatan ditentukan berdasarkan jadwal penerbangan tanggal 26 Mei 2017 jam 07.00-07.59.

#### 4.2.1.1 Kedatangan saja

Langkah pertama yang harus dilakukan adalah menganggap runway hanya digunakan untuk melayani pesawat yang datang saja.

##### **Keadaan Bebas Kesalahan [M<sub>ij</sub>]**

Diketahui rata-rata pemisahan minimum di antara pesawat yang dibutuhkan di ruang angkasa didekat runway ( $\delta_{ij}$ ) sebesar 2 nmi dan jalur entry ke landasan rata-rata 7 nmi.

- **Keadaan merapat**, dimana kecepatan pesawat di depan (leading,  $V_i$ ) lebih lambat daripada pesawat yang dibelakang (trailing,  $V_j$ )

$$\text{Rumus : } T_{ij} = T_j - T_i = \frac{\delta_{ij}}{V_j}$$

Untuk  $V_C = 120$  knots dan  $V_D = 140$  knots, didapatkan

$$T_{CD} = \frac{3}{140} (3600) = 77.143 \text{ detik}$$

Untuk  $V_B = 97$  knots dan  $V_C = 120$  knots, didapatkan

$$T_{BC} = \frac{3}{120} (3600) = 90 \text{ detik}$$

Untuk  $V_B = 97$  knots dan  $V_D = 140$  knots, didapatkan

$$T_{BD} = \frac{3}{140} (3600) = 77.143 \text{ detik}$$

- **Keadaan merenggang**, dimana kecepatan pesawat didepan (leading,  $V_i$ ) lebih cepat daripada kecepatan pesawat dibelakang (trailing,  $V_j$ )

$$\text{Rumus : } T_{ij} = T_j - T_i = \frac{\delta_{ij}}{V_i} + \gamma \left( \frac{1}{V_j} - \frac{1}{V_i} \right)$$

Untuk  $V_D = 140$  knots dan  $V_C = 120$  knots, didapatkan

$$T_{DC} = T_C - T_D = \frac{\delta_{DC}}{V_D} + \gamma \left( \frac{1}{V_C} - \frac{1}{V_D} \right)$$

$$T_{DC} = \frac{3(3600)}{140} + 9 \left( \frac{1}{120} - \frac{1}{140} \right) (3600)$$

$$T_{DC} = 115.71 \text{ detik}$$

Untuk  $V_D = 140$  knots dan  $V_B = 97$  knots , didapatkan

$$T_{DB} = T_B - T_D = \frac{\delta_{DB}}{V_D} + \gamma \left( \frac{1}{V_B} - \frac{1}{V_D} \right)$$

$$T_{DB} = \frac{3(3600)}{140} + 9 \left( \frac{1}{97} - \frac{1}{140} \right) (3600)$$

$$T_{DB} = 179.74 \text{ detik}$$

Untuk  $V_C = 140$  knots dan  $V_B = 120$  knots , didapatkan

$$T_{CB} = T_B - T_C = \frac{\delta_{DB}}{V_D} + \gamma \left( \frac{1}{V_B} - \frac{1}{V_D} \right)$$

$$T_{CB} = \frac{3(3600)}{140} + 9 \left( \frac{1}{97} - \frac{1}{140} \right) (3600)$$

$$T_{CB} = 154.02 \text{ detik}$$

- **Keadaan sama besar**, dimana kecepatan pesawat didepan i dan dibelakang j sama besar.

$$\text{Rumus : } T_{ij} = T_j - T_i = \frac{\delta_{ij}}{V_j}$$

Untuk  $V_i = V_j = 97$  knots , didapatkan

$$T_{BB'} = \frac{3}{97} (3600) = 111.33 \text{ detik}$$

Untuk  $V_i = V_j = 120$  knots , didapatkan

$$T_{CC'} = \frac{3}{120} (3600) = 90 \text{ detik}$$

Untuk  $V_i = V_j = 140$  knots , didapatkan

$$T_{DD'} = \frac{3}{140} (3600) = 77.143 \text{ detik}$$

Karena *runway occupation time* ,  $R_i$  atau ROT pada tabel 4.18 rata-rata lebih kecil dari pada waktu pemisahan antara pesawat di udara, maka yang akan digunakan dalam perhitungan kapasitas runway adalah waktu pemisahan di udara,  $T_{ij}$ .

Bila hasil dari perhitungan diatas ditabulasi dalam sebuah matriks bebas kesalahan  $[M_{ij}]$  , akan dihasilkan pemisahan waktu di ambang runway untuk se mua keadaan seperti berikut :

*leading*

		140	120	97
<i>trailing</i>	140	78	78	78
	120	116	90	90
	97	180	155	112

Sementara prosentase kelas kombinasi kelas kategori  $[P_{ij}]$  yang terjadi pada campuran seperti pada matriks berikut .

*leading*

		140	120	97
<i>trailing</i>	140	0.2	0.2	0
	120	0.2	0.133	0.133
	97	0	0.133	0

$$E[T_{ij}] = \sum P_{ij} \cdot M_{ij} = \sum P_{ij} T_{ij}$$

$$E[T_{ij}] = 98.56 \text{ detik}$$

Dengan demikian, maka kapasitas runway bila hanya melayani kedatangan saja :

$$C = \frac{1}{E(T_{ij})}$$

$$C = \frac{1}{98.56} (3600) = 37 \text{ pergerakan/jam}$$

### Keadaan Kesalahan Posisi

Dengan asumsi terdapat kesalahan posisi ( $\sigma_0$ ) pada jadwal penerbangan 20 detik yang didistribusikan secara normal, dan probabilitas pelanggaran aturan jarak pisah minimum kedatangan yang diperbolehkan adalah 10%. Dengan demikian kapasitas *runway* untuk keadaan tersebut dapat dihitung dengan nilai  $q_v$  yang dapat dicari di tabel statistik adalah 1.28 .

- **Keadaan merapat**, besarnya penyangga tidak tergantung pada kecepatan

$$B_{ij} = \sigma_0 q_v$$

$$B_{ij} = 20 (1.28) = 25.6 \text{ detik}$$

- **Keadaan merenggang**, dimana kecepatan pesawat didepan (leading,  $V_i$ ) lebih cepat daripada kecepatan pesawat dibelakang (trailing,  $V_j$ )

$$\text{Rumus : } B_{ij} = \sigma_0 q_v - \delta_{ij} \left( \frac{1}{V_j} - \frac{1}{V_i} \right)$$

Untuk  $V_D = 140$  knots dan  $V_C = 120$  knots, didapatkan

$$B_{DC} = \sigma_0 q_v - \delta_{DC} \left( \frac{1}{V_C} - \frac{1}{V_D} \right) (3600)$$

$$B_{DC} = 20 (1.28) - 3 \left( \frac{1}{120} - \frac{1}{140} \right) (3600)$$

$$B_{DC} = 12.74 \text{ detik}$$

Untuk  $V_D = 140$  knots dan  $V_B = 97$  knots, didapatkan

$$B_{DB} = \sigma_0 q_v - \delta_{DB} \left( \frac{1}{V_B} - \frac{1}{V_D} \right) (3600)$$

$$B_{DB} = 20 (1.28) - 3 \left( \frac{1}{97} - \frac{1}{140} \right) (3600)$$

$$B_{DB} = -8.6 \text{ detik}$$

Untuk  $V_C = 120$  knots dan  $V_B = 97$  knots, didapatkan

$$B_{CB} = \sigma_0 q_v - \delta_{CB} \left( \frac{1}{V_B} - \frac{1}{V_C} \right) (3600)$$

$$B_{DB} = 20 (1.28) - 3 \left( \frac{1}{97} - \frac{1}{120} \right) (3600)$$

$$B_{DC} = 4.26 \text{ detik}$$



- **Keadaan sama besar**, dimana kecepatan pesawat didepan i dan dibelakang j sama besar, maka digunakan perhitungan dengan cara yang sama seperti keadaan merapat sehingga didapatkan hasil yang sama yaitu 25.6 detik.

Nilai-nilai tersebut diinputkan kedalam matriks nilai sanggah  $[B_{ij}]$  seperti berikut

*leading*

		140	120	97
	140	25.6	25.6	25.6
<i>trailing</i>	120	12.74	25.6	25.6
	97	-8.6	4.26	25.6

Dengan menggabungkan matriks bebas kesalahan  $[M_{ij}]$  dan matriks nilai sanggah  $[B_{ij}]$  maka akan dihasilkan jarak waktu antar kedatangan sebenarnya di ambang *runway*.

*leading*

		140	120	97
	140	103	103	103
<i>trailing</i>	120	129	116	116
	97	172	159	137

Apabila matriks ini digabungkan dengan prosentase campuran pesawat  $[P_{ij}]$ , waktu antar kedatangan rata-rata adalah

$$E[T_{ij}] = \sum P_{ij} \cdot M_{ij} = \sum P_{ij} T_{ij}$$

$$E[T_{ij}] = 118.74 \text{ detik}$$

Dengan demikian, maka kapasitas runway bila hanya melayani kedatangan apabila terdapat kesalahan posisi :

$$C = \frac{1}{E(T_{ij})}$$

$$C = \frac{1}{118.74} (3600) = 31 \text{ pergerakan/jam}$$

#### 4.2.1.2 Keberangkatan saja

Langkah berikutnya yang harus dilakukan adalah dengan mengasumsikan bahwa runway hanya melayani keberangkatan saja (*departure*).

Jarak pisah antar keberangkatan didapatkan sebesar 120 detik. Matriks prosentase kombinasi  $[P_{ij}]$  yang terjadi dapat dilihat pada matriks prosentase dibawah

		<i>leading</i>		
		140	120	97
<i>trailing</i>	140	0	0.22	0
	120	0.15	0.5	0.08
	97	0.08	0	0

Waktu pelayanan antar keberangkatan di ambang *runway*  $E(t_d)$  dapat dihitung dengan rumus :

$$E(t_d) = \sum (P_{ij})(M_{ij})$$

$$E(t_d) = 120 \text{ detik}$$

Dengan demikian, maka kapasitas runway bila hanya melayani keberangkatan saja :

$$C = \frac{1}{E(T_{ij})}$$

$$C = \frac{1}{120} (3600) = 30 \text{ pergerakan/jam}$$

#### 4.2.1.3 Operasi Campuran (Mixed)

Langkah terakhir dalam menghitung kapasitas runway adalah mengasumsikan bahwa runway digunakan untuk melakukan keberangkatan (*departure*) di antara dua kedatangan (*arrivals*). Pergerakan pesawat pada runway harus memprioritaskan pesawat yang akan mendarat (*landing*).

Waktu pemakaian runway (*runway occupancy time*) rata-rata merupakan jumlah perkalian dari prosentase kategori pesawat dengan waktu pemakaian *runway* tiap kategori pesawat.

$$E[R_i] = 0.125(62) + 0.5(67.4) + 0.75(64.5) = 65.64 \text{ detik}$$

Waktu yang diharapkan pesawat yang datang untuk menempuh 2 mil terakhir ke ambang runway adalah

$$E(\delta_d/V_j) = [0.125(2/97) + 0.5(2/120) + 0.375(2/140)]3600 = 58.56 \text{ detik}$$

$$E(t_d) = 120 \text{ detik}$$

$$E(B_{ij}) = 20(1.28) = 25.6 \text{ detik}$$

Untuk menghitung kemungkinan suatu keberangkatan dapat dilakukan diantara dua kedatangan digunakan rumus :

$$E[T_{ij}] > E[R_i] + E\left[\frac{\delta_d}{V_j}\right] + E(B_{ij}) + (n - 1) E(t_d)$$

$$E(T_{ij}) \geq 65.64 + 58.56 + 25.6 + (n - 1) 120$$

$$E(T_{ij}) \geq 150 + 120 (n - 1)$$

Untuk satu keberangkatan di antara dua kedatangan diperoleh waktu antar kedatangan sebesar 150 detik. Untuk dua keberangkatan diantara dua kedatangan diperoleh waktu antar kedatangan sebesar 270 detik. Untuk tiga keberangkatan diantara dua kedatangan diperoleh waktu antar kedatangan sebesar 390 detik.

Jadi, satu kali keberangkatan dapat dilakukan di sembarang waktu jika waktu antar kedatangan sebesar 150 detik dan 270 detik. Dua kali keberangkatan dapat dilakukan di sembarang waktu jika waktu antar kedatangan sebesar 270 detik dan 390 detik.

Dari matriks waktu antar kedatangan dapat diketahui bahwa kemungkinan satu operasi keberangkatan dapat dilakukan diantara dua kedatangan terjadi sebesar 22%, dan tidak bias dilakukan keberangkatan lebih dari satu kali diantara dua kedatangan. Kapasitas *runway* menurut kondisi tersebut dapat dihitung dengan rumus :

$$C_m = \frac{1}{E(\Delta T_{ij})} \left( 1 + \sum n_d P_{nd} \right)$$

$$C_m = \frac{1}{118.74} (1 + 0.22(1))$$

$$C_m = 37 \text{ pergerakan perjam}$$

Karena nilai waktu antar kedatangan yang ada pada matriks  $[M_{ij}]$  paling tidak sebesar 150 detik, maka nilai yang lebih kecil dari 150 akan diganti menjadi 150 detik agar satu keberangkatan dapat dilakukan diantara dua kedatangan.

*leading*

		140	120	97
<i>trailing</i>	140	150	150	150
	120	150	150	150
	97	172	159	150

Sehingga,

$$E[T_{ij}] = 0.2(150) + 0.2(150) + \dots + 0.0(171.14) \\ = 151.128 \text{ detik}$$

Maka kapasitas runway untuk operasi campuran adalah sebesar

$$C_m = \frac{1}{151.128} (1 + 1(1))$$

$$C_m = 48 \text{ pergerakan per jam}$$

#### **4.2.2 Kapasitas Runway Eksisting 5 dan 10 Tahun Mendatang**

Perhitungan kapasitas runway untuk kondisi 5 dan 10 tahun yang akan datang dihitung berdasarkan hasil peramalan di subbab 4.1.

Dari tabel 4.12 dapat diperoleh data bahwa pada saat jam puncak (*peak hour*) melayani 56 pergerakan pesawat dan 66 pergerakan pesawat di *runway*. Prosentase campuran pesawat diasumsikan sama dengan kondisi eksisting seperti pada tabel 4.18

#### 4.2.2.1 Perhitungan Kapasitas *Runway* Eksisting 5 Tahun Mendatang

##### a. Kedatangan saja

Langkah pertama yang harus dilakukan adalah menghitung kapasitas *runway* dengan asumsi bahwa *runway* hanya melayani kedatangan (*arrivals*) saja dengan cara yang sama seperti menghitung kapasitas *runway* eksisting.

##### - Keadaan Bebas Kesalahan [ $M_{ij}$ ]

Kapasitas *runway* untuk melayani kedatangan saja sama dengan kondisi eksisting :

$$C = \frac{1}{E(T_{ij})}$$

$$C = \frac{1}{98.56} (3600) = 37 \text{ pergerakan per jam}$$

##### - Keadaan Kesalahan Posisi

Kapasitas *runway* untuk melayani kedatangan saja apabila ada kesalahan posisi sama dengan kondisi eksisting :

$$C = \frac{1}{E(T_{ij})}$$

$$C = \frac{1}{118.74} (3600) = 31 \text{ pergerakan per jam}$$

##### b. Keberangkatan saja

Langkah selanjutnya yaitu dengan mengasumsikan bahwa *runway* hanya akan melayani keberangkatan (*departure*) saja. Perhitungan dilakukan dengan cara yang sama dengan kapasitas kondisi eksisting.

$$E(t_d) = \sum (P_{ij})(M_{ij})$$

$$E(t_d) = 120 \text{ detik}$$

Dengan demikian, maka kapasitas runway bila hanya melayani keberangkatan saja :

$$C = \frac{1}{E(T_{ij})}$$

$$C = \frac{1}{120} (3600) = 30 \text{ pergerakan/jam}$$

### c. Operasi Campuran

Langkah terakhir dalam menghitung kapasitas runway adalah mengasumsikan bahwa runway digunakan untuk melakukan keberangkatan (*departure*) di antara dua kedatangan (*arrivals*). Pergerakan pesawat pada runway harus memprioritaskan pesawat yang akan mendarat (*landing*).

Waktu pemakaian runway (*runway occupancy time*) rata-rata merupakan jumlah perkalian dari prosentase kategori pesawat dengan waktu pemakaian runway tiap kategori pesawat.

$$E[R_i] = 0.125(62) + 0.5(67.4) + 0.375(64.5) = 65.64 \text{ detik}$$

Waktu yang diharapkan pesawat yang datang untuk menempuh 2 mil terakhir ke ambang runway adalah

$$E(\delta_d/V_j) = [0.125(2/97) + 0.5(2/120) + 0.375(2/140)]3600 = 58.56 \text{ detik}$$

$$E(t_d) = 120 \text{ detik}$$

$$E(B_{ij}) = 20(1.28) = 25.6 \text{ detik}$$

Untuk menghitung kemungkinan suatu keberangkatan dapat dilakukan diantara dua kedatangan digunakan rumus :

$$E[T_{ij}] > E[R_i] + E\left[\frac{\delta_d}{V_j}\right] + E(B_{ij}) + (n-1) E(t_d)$$

$$E(T_{ij}) \geq 65.64 + 58.56 + 25.6 + (n-1) 120$$

$$E(T_{ij}) \geq 150 + 120 (n-1)$$

Untuk satu keberangkatan di antara dua kedatangan diperoleh waktu antar kedatangan sebesar 150 detik. Untuk dua keberangkatan diantara dua kedatangan diperoleh waktu antar kedatangan sebesar 270 detik. Untuk tiga keberangkatan diantara dua kedatangan diperoleh waktu antar kedatangan sebesar 390 detik.

Jadi, satu kali keberangkatan dapat dilakukan di sembarang waktu jika waktu antar kedatangan sebesar 150 detik dan 270 detik. Dua kali keberangkatan dapat dilakukan di sembarang waktu jika waktu antar kedatangan sebesar 270 detik dan 390 detik.

Dari matriks waktu antar kedatangan dapat diketahui bahwa kemungkinan satu operasi keberangkatan dapat dilakukan diantara dua kedatangan terjadi sebesar 22%, dan tidak bias dilakukan keberangkatan lebih dari satu kali diantara dua kedatangan. Kapasitas *runway* menurut kondisi tersebut dapat dihitung dengan rumus :

$$C_m = \frac{1}{E(\Delta T_{ij})} \left(1 + \sum n_d P_{nd}\right)$$

$$C_m = \frac{1}{118.74} (1 + 0.22(1))$$

$$C_m = 37 \text{ pergerakan perjam}$$

Karena nilai waktu antar kedatangan yang ada pada matriks  $[M_{ij}]$  paling tidak sebesar 150 detik, maka nilai yang lebih



kecil dari 150 akan diganti menjadi 150 detik agar satu keberangkatan dapat dilakukan diantara dua kedatangan.

*leading*

		140	120	97
<i>trailing</i>	140	150	150	150
	120	150	150	150
	97	172	159	150

*leading*

		140	120	97
<i>trailing</i>	140	0.2	0.2	0
	120	0.2	0.133	0.133
	97	0	0.133	0

Sehingga,

$$E[T_{ij}] = 0.2(150) + 0.2(150) + \dots + 0.0(171.14) \\ = 151.128 \text{ detik}$$

Maka kapasitas runway untuk operasi campuran adalah sebesar

$$C_m = \frac{1}{151.128} (1 + 1(1))$$

$$C_m = 48 \text{ pergerakan per jam}$$

Kapasitas *runway* 5 tahun yang akan datang jika ada satu keberangkatan diantara dua kedatangan adalah 48 pergerakan per jam. Sedangkan berdasarkan peramalan, pergerakan pesawat pada jam puncak 5 tahun yang akan datang adalah 56 pergerakan per jam. Dengan demikian dapat disimpulkan, bahwa kapasitas *runway* 5 tahun yang akan datang sudah tidak mampu menampung pergerakan pesawat.

#### 4.2.2.2 Perhitungan Kapasitas *Runway* Eksisting 10 Tahun Mendatang

##### a. Kedatangan saja

Langkah pertama yang harus dilakukan adalah menghitung kapasitas *runway* dengan asumsi bahwa *runway* hanya melayani kedatangan (*arrivals*) saja dengan cara yang sama seperti menghitung kapasitas *runway* eksisting.

##### - Keadaan Bebas Kesalahan [ $M_{ij}$ ]

Kapasitas *runway* untuk melayani kedatangan saja sama dengan kondisi eksisting :

$$C = \frac{1}{E(T_{ij})}$$

$$C = \frac{1}{98.56} (3600) = 37 \text{ pergerakan per jam}$$

##### - Keadaan Kesalahan Posisi

Kapasitas *runway* untuk melayani kedatangan saja apabila ada kesalahan posisi sama dengan kondisi eksisting :

$$C = \frac{1}{E(T_{ij})}$$

$$C = \frac{1}{118.74} (3600) = 31 \text{ pergerakan per jam}$$

##### b. Keberangkatan saja

Langkah selanjutnya yaitu dengan mengasumsikan bahwa *runway* hanya akan melayani

keberangkatan (*departure*) saja. Perhitungan dilakukan dengan cara yang sama dengan kapasitas kondisi eksisting.

$$E(t_d) = \sum (P_{ij})(M_{ij})$$

$$E(t_d) = 120 \text{ detik}$$

Dengan demikian, maka kapasitas runway bila hanya melayani keberangkatan saja :

$$C = \frac{1}{E(T_{ij})}$$

$$C = \frac{1}{120} (3600) = 30 \text{ pergerakan/jam}$$

### c. Operasi Campuran

Langkah terakhir dalam menghitung kapasitas runway adalah mengasumsikan bahwa runway digunakan untuk melakukan keberangkatan (*departure*) di antara dua kedatangan (*arrivals*). Pergerakan pesawat pada runway harus memrioritaskan pesawat yang akan mendarat (*landing*).

Waktu pemakaian runway (*runway occupancy time*) rata-rata merupakan jumlah perkalian dari prosentase kategori pesawat dengan waktu pemakaian runway tiap kategori pesawat.

$$E[R_i] = 0.125(62) + 0.5(67.4) + 0.375(64.5) = 65.64 \text{ detik}$$

Waktu yang diharapkan pesawat yang datang untuk menempuh 2 mil terakhir ke ambang runway adalah

$$E(\delta_d/V_j) = [0.125(2/97) + 0.5(2/120) + 0.375(2/140)]3600 = 58.56 \text{ detik}$$

$$E(t_d) = 120 \text{ detik}$$

$$E(B_{ij}) = 20(1.28) = 25.6 \text{ detik}$$

Untuk menghitung kemungkinan suatu keberangkatan dapat dilakukan diantara dua kedatangan digunakan rumus :

$$E[T_{ij}] > E[R_i] + E\left[\frac{\delta_d}{V_j}\right] + E(B_{ij}) + (n - 1) E(t_d)$$

$$E(T_{ij}) \geq 65.64 + 58.56 + 25.6 + (n - 1) 120$$

$$E(T_{ij}) \geq 150 + 120 (n - 1)$$

Untuk satu keberangkatan di antara dua kedatangan diperoleh waktu antar kedatangan sebesar 150 detik. Untuk dua keberangkatan diantara dua kedatangan diperoleh waktu antar kedatangan sebesar 270 detik. Untuk tiga keberangkatan diantara dua kedatangan diperoleh waktu antar kedatangan sebesar 390 detik.

Jadi, satu kali keberangkatan dapat dilakukan di sembarang waktu jika waktu antar kedatangan sebesar 150 detik dan 270 detik. Dua kali keberangkatan dapat dilakukan di sembarang waktu jika waktu antar kedatangan sebesar 270 detik dan 390 detik.

Dari matriks waktu antar kedatangan dapat diketahui bahwa kemungkinan satu operasi keberangkatan dapat dilakukan diantara dua kedatangan terjadi sebesar 22%, dan tidak bias dilakukan keberangkatan lebih dari satu kali diantara dua kedatangan. Kapasitas *runway* menurut kondisi tersebut dapat dihitung dengan rumus :

$$C_m = \frac{1}{E(\Delta T_{ij})} \left( 1 + \sum n_d P_{nd} \right)$$

$$C_m = \frac{1}{118.74} (1 + 0.22(1))$$

$$C_m = 37 \text{ pergerakan perjam}$$

Karena nilai waktu antar kedatangan yang ada pada matriks  $[M_{ij}]$  paling tidak sebesar 150 detik, maka nilai yang lebih kecil dari 150 akan diganti menjadi 150 detik agar satu keberangkatan dapat dilakukan diantara dua kedatangan.

*leading*

		140	120	97
<i>trailing</i>	140	150	150	150
	120	150	150	150
	97	172	159	150

*leading*

		140	120	97
<i>trailing</i>	140	0.2	0.2	0
	120	0.2	0.133	0.133
	97	0	0.133	0

Sehingga,

$$E[T_{ij}] = 0.2(150) + 0.2(150) + \dots + 0.0(171.14) \\ = 151.128 \text{ detik}$$

Maka kapasitas runway untuk operasi campuran adalah sebesar

$$C_m = \frac{1}{151.128} (1 + 1(1))$$

$$C_m = 48 \text{ pergerakan per jam}$$

Kapasitas *runway* 10 tahun yang akan datang jika ada satu keberangkatan diantara dua kedatangan adalah 48 pergerakan per jam. Sedangkan berdasarkan peramalan, pergerakan pesawat pada jam puncak 10 tahun yang akan datang adalah 66 pergerakan per jam. Dengan demikian dapat disimpulkan, bahwa kapasitas *runway* 10 tahun yang akan datang sudah tidak mampu menampung pergerakan pesawat.

#### 4.2.3 Kapasitas *Runway 2 (Taxiway 2)* Eksisting serta 5 dan 10 Tahun Mendatang

Perhitungan kapasitas *runway 2 (taxiway 2)* sama dengan perhitungan kapasitas runway eksisting diatas. Perbedaananya adalah apabila kapasitas *runway* diatas merupakan kapasitas *runway* utama, yang akan dihitung disini adalah kapasitas *taxiway 2* yang difungsikan sebagai *runway 2*. Diasumsikan bahwa semua pesawat di *Terminal 2* Bandara Internasional Juanda tinggal landas dan mendarat dari *runway 2*. *Peak hour* pada *runway 2* diasumsikan sama dengan *runway* utama, yaitu jam 07.00-07.59.

Jadwal penerbangan di Terminal 2 jam 07.00-07.59 dapat dilihat pada Tabel 4.19 dan Tabel 4.20 serta campuran pesawat dan karakteristiknya pada Tabel 4.21

**Tabel 4.19** Jadwal Penerbangan Kedatangan di Terminal 2 26 Mei 2017 jam 07.00-07.59

No	Kedatangan / Arrivals					
	Type Pesawat	Landing Speed	Kategori Pesawat	Nomor Penerbangan	Dari	Jam
1	B-738	140	C	GA - 302	CGK	7.05
2	A-320	140	C	XT - 7688	CGK	7.15
3	B-739	145	D	GA - 449	KOE	7.35
4	B-738	140	C	GA - 304	CGK	7.55

**Tabel 4.20** Jadwal Penerbangan Keberangkatan di Terminal 2 26 Mei 2017 jam 07.00-07.59

No	Keberangkatan / Departures					
	Type Pesawat	Take-Off Speed	Kategori Pesawat	Nomor Penerbangan	Tujuan	Jam
1	CRJX	140	C	GA - 368	SRG	7.30
2	A-320	140	C	XT - 7689	CGK	7.40
3	B-738	140	C	GA - 854	SIN	7.40
4	B-738	140	C	GA - 307	CGK	7.50

**Tabel 4.21** Campuran Pesawat dan Karakteristiknya pada Penerbangan jam 07.00-07.59

Type Pesawat	Approach Speed (knots)	ROT (detik)	Prosentase	
			Arrival	Departure
A				
B	97	62	0	0
C	120	67.4	75	100
D	140	64.5	25	0

#### 4.2.3.1 Kedatangan saja

Langkah pertama yang harus dilakukan adalah menganggap runway hanya digunakan untuk melayani pesawat yang datang saja.

##### **Keadaan Bebas Kesalahan [ $M_{ij}$ ]**

Diketahui rata-rata pemisahan minimum di antara pesawat yang dibutuhkan di ruang angkasa didekat runway ( $\delta_{ij}$ ) sebesar 2 nmi dan jalur entry ke landasan rata-rata 7 nmi.

- **Keadaan merapat**, dimana kecepatan pesawat di depan (leading,  $V_i$ ) lebih lambat daripada pesawat yang dibelakang (trailing,  $V_j$ )

$$\text{Rumus : } T_{ij} = T_j - T_i = \frac{\delta_{ij}}{V_j}$$

Untuk  $V_C = 120$  knots dan  $V_D = 140$  knots, didapatkan

$$T_{CD} = \frac{3}{140}(3600) = 77.143 \text{ detik}$$

Untuk  $V_B = 97$  knots dan  $V_C = 120$  knots, didapatkan

$$T_{BC} = \frac{3}{120}(3600) = 90 \text{ detik}$$

Untuk  $V_B = 97$  knots dan  $V_D = 140$  knots, didapatkan

$$T_{BD} = \frac{3}{140}(3600) = 77.143 \text{ detik}$$

- **Keadaan merenggang**, dimana kecepatan pesawat didepan (leading,  $V_i$ ) lebih cepat daripada kecepatan pesawat dibelakang (trailing,  $V_j$ )

$$\text{Rumus : } T_{ij} = T_j - T_i = \frac{\delta_{ij}}{V_i} + \gamma\left(\frac{1}{V_j} - \frac{1}{V_i}\right)$$

Untuk  $V_D = 140$  knots dan  $V_C = 120$  knots, didapatkan

$$T_{DC} = T_C - T_D = \frac{\delta_{DC}}{V_D} + \gamma\left(\frac{1}{V_C} - \frac{1}{V_D}\right)$$

$$T_{DC} = \frac{3(3600)}{140} + 9\left(\frac{1}{120} - \frac{1}{140}\right)(3600)$$

$$T_{DC} = 115.71 \text{ detik}$$

Untuk  $V_D = 140$  knots dan  $V_B = 97$  knots, didapatkan



$$T_{DB} = T_B - T_D = \frac{\delta_{DB}}{V_D} + \gamma \left( \frac{1}{V_B} - \frac{1}{V_D} \right)$$

$$T_{DB} = \frac{3(3600)}{140} + 9 \left( \frac{1}{97} - \frac{1}{140} \right) (3600)$$

$$T_{DB} = 179.74 \text{ detik}$$

Untuk  $V_C = 140$  knots dan  $V_B = 120$  knots , didapatkan

$$T_{CB} = T_B - T_C = \frac{\delta_{DB}}{V_D} + \gamma \left( \frac{1}{V_B} - \frac{1}{V_D} \right)$$

$$T_{CB} = \frac{3(3600)}{140} + 9 \left( \frac{1}{97} - \frac{1}{140} \right) (3600)$$

$$T_{CB} = 154.02 \text{ detik}$$

- **Keadaan sama besar**, dimana kecepatan pesawat didepan i dan dibelakang j sama besar.

$$\text{Rumus : } T_{ij} = T_j - T_i = \frac{\delta_{ij}}{V_j}$$

Untuk  $V_i = V_j = 97$  knots , didapatkan

$$T_{BB'} = \frac{3}{97} (3600) = 111.33 \text{ detik}$$

Untuk  $V_i = V_j = 120$  knots , didapatkan

$$T_{CC'} = \frac{3}{120} (3600) = 90 \text{ detik}$$

Untuk  $V_i = V_j = 140$  knots , didapatkan

$$T_{DD'} = \frac{3}{140} (3600) = 77.143 \text{ detik}$$

Karena *runway occupation time* ,  $R_i$  atau ROT pada tabel 4.21 rata-rata lebih kecil dari pada waktu pemisahan antara pesawat di udara, maka yang akan digunakan dalam perhitungan kapasitas runway adalah waktu pemisahan di udara,  $T_{ij}$ .

Bila hasil dari perhitungan diatas ditabulasi dalam sebuah matriks bebas kesalahan  $[M_{ij}]$  , akan dihasilkan pemisahan waktu di ambang runway untuk se mua keadaan seperti berikut :

*leading*

		140	120	97
<i>trailing</i>	140	78	78	78
	120	116	90	90
	97	180	155	112

Sementara prosentase kelas kombinasi kelas kategori  $[P_{ij}]$  yang terjadi pada campuran seperti pada matriks berikut .

*leading*

		140	120	97
<i>trailing</i>	140	0	0.25	0
	120	0.25	0.25	0
	97	0	0	0

$$E[T_{ij}] = \sum P_{ij} \cdot M_{ij} = \sum P_{ij} T_{ij}$$

$$E[T_{ij}] = 70.71 \text{ detik}$$

Dengan demikian, maka kapasitas runway bila hanya melayani kedatangan saja :

$$C = \frac{1}{E(T_{ij})}$$

$$C = \frac{1}{70.71} (3600) = 51 \text{ pergerakan/jam}$$

### Kadaan Kesalahan Posisi

Dengan asumsi terdapat kesalahan posisi ( $\sigma_0$ ) pada jadwal penerbangan 20 detik yang didistribusikan secara normal, dan probabilitas pelanggaran aturan jarak pisah minimum kedatangan yang diperbolehkan adalah 10%. Dengan demikian kapasitas *runway* untuk keadaan tersebut dapat dihitung dengan nilai  $q_v$  yang dapat dicari di tabel statistik adalah 1.28 .

- **Kadaan merapat**, besarnya penyangga tidak tergantung pada kecepatan

$$B_{ij} = \sigma_0 q_v$$

$$B_{ij} = 20 (1.28) = 25.6 \text{ detik}$$

- **Kadaan merenggang**, dimana kecepatan pesawat didepan (leading,  $V_i$ ) lebih cepat daripada kecepatan pesawat dibelakang (trailing,  $V_j$ )

$$\text{Rumus : } B_{ij} = \sigma_0 q_v - \delta_{ij} \left( \frac{1}{V_j} - \frac{1}{V_i} \right)$$

Untuk  $V_D = 140$  knots dan  $V_C = 120$  knots, didapatkan

$$B_{DC} = \sigma_0 q_v - \delta_{DC} \left( \frac{1}{V_C} - \frac{1}{V_D} \right) (3600)$$

$$B_{DC} = 20 (1.28) - 3 \left( \frac{1}{120} - \frac{1}{140} \right) (3600)$$

$$B_{DC} = 12.74 \text{ detik}$$

Untuk  $V_D = 140$  knots dan  $V_B = 97$  knots, didapatkan

$$B_{DB} = \sigma_0 q_v - \delta_{DB} \left( \frac{1}{V_B} - \frac{1}{V_D} \right) (3600)$$

$$B_{DB} = 20 (1.28) - 3 \left( \frac{1}{97} - \frac{1}{140} \right) (3600)$$

$$B_{DB} = -8.6 \text{ detik}$$

Untuk  $V_C = 120$  knots dan  $V_B = 97$  knots, didapatkan

$$B_{CB} = \sigma_0 q_v - \delta_{CB} \left( \frac{1}{V_B} - \frac{1}{V_C} \right) (3600)$$

$$B_{DB} = 20 (1.28) - 3 \left( \frac{1}{97} - \frac{1}{120} \right) (3600)$$

$$B_{DC} = 4.26 \text{ detik}$$

- **Keadaan sama besar**, dimana kecepatan pesawat didepan i dan dibelakang j sama besar, maka digunakan perhitungan dengan cara yang sama seperti keadaan merapat sehingga didapatkan hasil yang sama yaitu 25.6 detik.

Nilai-nilai tersebut diinputkan kedalam matriks nilai sanggah  $[B_{ij}]$  seperti berikut

*leading*

		140	120	97
	140	25.6	25.6	25.6
<i>trailing</i>	120	12.74	25.6	25.6
	97	-8.6	4.26	25.6

Dengan menggabungkan matriks bebas kesalahan  $[M_{ij}]$  dan matriks nilai sanggah  $[B_{ij}]$  maka akan dihasilkan jarak waktu antar kedatangan sebenarnya di ambang *runway*.

*leading*

		140	120	97
	140	103	103	103
<i>trailing</i>	120	129	116	116
	97	172	159	137

Apabila matriks ini digabungkan dengan prosentase campuran pesawat  $[P_{ij}]$ , waktu antar kedatangan rata-rata adalah

$$E[T_{ij}] = \sum P_{ij} \cdot M_{ij} = \sum P_{ij} T_{ij}$$

$$E[T_{ij}] = 86.7 \text{ detik}$$

Dengan demikian, maka kapasitas runway bila hanya melayani kedatangan apabila terdapat kesalahan posisi :

$$C = \frac{1}{E(T_{ij})}$$

$$C = \frac{1}{86.7} (3600) = 42 \text{ pergerakan/jam}$$

#### 4.2.3.2 Keberangkatan saja

Langkah berikutnya yang harus dilakukan adalah dengan mengasumsikan bahwa runway hanya melayani keberangkatan saja (*departure*).

Jarak pisah antar keberangkatan didapatkan sebesar 120 detik. Matriks prosentase kombinasi  $[P_{ij}]$  yang terjadi dapat dilihat pada matriks prosentase dibawah

		<i>leading</i>		
		140	120	97
<i>trailing</i>	140	0	0	0
	120	0	0.75	0
	97	0	0	0

Waktu pelayanan antar keberangkatan di ambang *runway*  $E(t_d)$  dapat dihitung dengan rumus :

$$E(t_d) = \sum (P_{ij})(M_{ij})$$

$$E(t_d) = 120 \text{ detik}$$

Dengan demikian, maka kapasitas runway bila hanya melayani keberangkatan saja :

$$C = \frac{1}{E(T_{ij})}$$

$$C = \frac{1}{120} (3600) = 30 \text{ pergerakan/jam}$$

#### 4.2.3.3 Operasi Campuran (Mixed)

Langkah terakhir dalam menghitung kapasitas runway adalah mengasumsikan bahwa runway digunakan untuk melakukan keberangkatan (*departure*) di antara dua kedatangan (*arrivals*). Pergerakan pesawat pada runway harus memprioritaskan pesawat yang akan mendarat (*landing*).

Waktu pemakaian runway (*runway occupancy time*) rata-rata merupakan jumlah perkalian dari prosentase kategori pesawat dengan waktu pemakaian *runway* tiap kategori pesawat.

$$E[R_i] = 0.0(62) + 0.75(67.4) + 0.25(64.5) = 66.675 \text{ detik}$$

Waktu yang diharapkan pesawat yang datang untuk menempuh 2 mil terakhir ke ambang runway adalah

$$E(\delta_d/V_j) = [0.0(2/97) + 0.75(2/120) + 0.25(2/140)]3600 = 57.86 \text{ detik}$$

$$E(t_d) = 120 \text{ detik}$$

$$E(B_{ij}) = 20(1.28) = 25.6 \text{ detik}$$

Untuk menghitung kemungkinan suatu keberangkatan dapat dilakukan diantara dua kedatangan digunakan rumus :

$$E[T_{ij}] > E[R_i] + E\left[\frac{\delta_d}{V_j}\right] + E(B_{ij}) + (n-1) E(t_d)$$

$$E(T_{ij}) \geq 66.675 + 57.68 + 25.6 + (n-1) 120$$

$$E(T_{ij}) \geq 150 + 120 (n - 1)$$

Untuk satu keberangkatan di antara dua kedatangan diperoleh waktu antar kedatangan sebesar 150 detik. Untuk dua keberangkatan diantara dua kedatangan diperoleh waktu antar kedatangan sebesar 270 detik. Untuk tiga keberangkatan diantara dua kedatangan diperoleh waktu antar kedatangan sebesar 390 detik.

Jadi, satu kali keberangkatan dapat dilakukan di sembarang waktu jika waktu antar kedatangan sebesar 150 detik dan 270 detik. Dua kali keberangkatan dapat dilakukan di sembarang waktu jika waktu antar kedatangan sebesar 270 detik dan 390 detik.

Dari matriks waktu antar kedatangan dapat diketahui bahwa kemungkinan satu operasi keberangkatan dapat dilakukan diantara dua kedatangan terjadi sebesar 22%, dan tidak bias dilakukan keberangkatan lebih dari satu kali diantara dua kedatangan. Kapasitas *runway* menurut kondisi tersebut dapat dihitung dengan rumus :

$$C_m = \frac{1}{E(\Delta T_{ij})} \left( 1 + \sum n_d P_{nd} \right)$$

$$C_m = \frac{1}{86.7} (1 + 0.22(1))$$

$$C_m = 51 \text{ pergerakan perjam}$$

Karena nilai waktu antar kedatangan yang ada pada matriks  $[M_{ij}]$  paling tidak sebesar 150 detik, maka nilai yang lebih kecil dari 150 akan diganti menjadi 150 detik agar satu keberangkatan dapat dilakukan diantara dua kedatangan.

*leading*

		140	120	97
<i>trailing</i>	140	150	150	150
	120	150	150	150
	97	172	159	150

Sehingga,

$$E[T_{ij}] = 0.0(150) + 0.25(150) + \dots + 0.0(171.14) \\ = 112.5 \text{ detik}$$

Maka kapasitas runway untuk operasi campuran adalah sebesar

$$C_m = \frac{1}{112.5} (1 + 1(1))$$

$$C_m = 64 \text{ pergerakan per jam}$$

Maka kapasitas *runway* untuk 5 tahun dan 10 tahun yang akan datang apabila komposisi campuran pesawat sama dengan kondisi eksisting tetap sama yaitu sebesar 64 pergerakan per jam.



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## BAB V

### PERHITUNGAN DELAY TIME

#### 5.1 Perhitungan Delay Time Runway Eksisting

Dalam bab 4 telah dihitung bahwa kapasitas *runway* untuk operasi campuran (*arrivals and departures*) pada jam puncak atau *peak hour* sebesar 48 pergerakan per jam. Namun, jumlah tersebut tidak mempertimbangkan waktu pemisahan minimum antara kedatangan dan keberangkatan sebesar 120 detik. Pada *peak hour* jam 07.00-07.59, terdapat 31 pergerakan pesawat, terdiri dari 16 kedatangan dan 15 keberangkatan.

Pada Tabel 5.3 dapat dilihat bahwa terdapat waktu delay karena mempertimbangkan waktu pemisahan antar kedatangan dan keberangkatan sebesar 120 detik dan waktu penggunaan *runway* atau *runway occupation time (rot)* dari 31 pergerakan.

**Tabel 5.1** Jadwal Penerbangan Kedatangan Pesawat 26 Mei 2017 jam 07.00-07.59

No	Kedatangan / Arrivals					
	Type Pesawat	Landing Speed	Kategori Pesawat	Nomor Penerbangan	Dari	Jam
1	B-738	140	C	JT - 823	LOP	7.00
2	B-739	145	D	JT - 691	KOE	7.05
3	B-738	140	C	GA - 302	CGK	7.05
4	B-738	140	C	JT - 801	UPG	7.10
5	ATR-76	120	B	IW - 1814	JOG	7.10
6	A-320	140	C	XT - 7688	CGK	7.15
7	ATR-75	120	B	IW - 1800	SRG	7.15
8	B-735	137	C	IN - 377	BDO	7.15
9	B-739	145	D	JT - 367	BPN	7.20
10	A-320	140	C	QG - 811	CGK	7.25
11	B-735	137	C	IN - 9377	BDO	7.25
12	B-739	145	D	JT - 748	CGK	7.30
13	B-739	145	D	ID - 6370	CGK	7.30
14	B-739	145	D	GA - 449	KOE	7.35
15	B-739	145	D	JT - 683	PKY	7.50
16	B-738	140	C	GA - 304	CGK	7.55

**Tabel 5.2** Jadwal Penerbangan Keberangkatan Pesawat 26 Mei  
2017 jam 07.00-07.59

No	Keberangkatan / <i>Departures</i>					
	Type Pesawat	Take-Off Speed	Kategori Pesawat	Nomor Penerbangan	Tujuan	Jam
1	B-738	140	C	SJ - 262	DJJ	7.00
2	B-739	145	D	JT - 962	LOP	7.05
3	A-320	140	C	QG - 608	UPG	7.10
4	B-739	145	D	JT - 262	BPN	7.20
5	B-738	140	C	ID - 7510	HLP	7.25
6	B-739	145	D	JT - 571	CGK	7.00
7	ATR-76	120	B	IW - 1843	JOG	7.30
8	CRJX	140	C	GA - 368	SRG	7.30
9	B-738	140	C	ID - 6596	AMQ	7.50
10	A-320	140	C	ID - 6174	AMQ	7.35
11	A-320	140	C	XT - 7689	CGK	7.40
12	B-738	140	C	GA - 854	SIN	7.40
13	B-735	137	C	IN - 276	DPS	7.45
14	B-738	140	C	GA - 307	CGK	7.50
15	A-320	140	C	QG - 642	DPS	7.55

**Tabel 5.3** Potensi *Delay Time* saat *Peak Hour* kondisi eksisting

No	Aircraft	Type	Time	Arr/Dep	Group	Separation	ROT	Scheduled Time	Real Time	Delay Time
1	JT - 823	B-738	07:00:00	Arrival	Large	00:00:00	00:00:23	07:00:00	07:00:00	00:00:00
2	SJ- 262	B-738	07:00:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:00:00	07:02:39	00:02:39
3	JT - 571	B-739	07:00:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:00:00	07:05:18	00:05:18
4	JT - 691	B-739	07:05:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:05:00	07:07:41	00:02:41
5	JT - 962	B-739	07:05:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:05:00	07:10:20	00:05:20
6	GA - 302	B-738	07:05:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:05:00	07:12:43	00:07:43
7	JT - 801	B-738	07:10:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:10:00	07:15:06	00:05:06
8	QG-608	A-320	07:10:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:37	07:10:00	07:17:43	00:07:43
9	IW - 1814	ATR-76	07:10:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:10:00	07:20:01	00:10:01
10	XT-7688	A-320	07:15:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:15:00	07:22:24	00:07:24
11	IW - 1800	ATR-75	07:15:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:15:00	07:24:42	00:09:42
12	IN-377	B-735	07:15:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:20	07:15:00	07:27:02	00:12:02
13	JT - 367	B-739	07:20:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:20:00	07:29:25	00:09:25
14	JT - 262	B-739	07:20:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:20:00	07:32:04	00:12:04
15	QG - 811	A-320	07:25:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:25:00	07:34:27	00:09:27
16	ID - 7510	B-738	07:25:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:25:00	07:37:06	00:12:06
17	IN-9377	B-738	07:25:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:25:00	07:39:29	00:14:29
18	JT - 748	B-739	07:30:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:30:00	07:41:52	00:11:52
19	IW-1843	ATR-76	07:30:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:30:00	07:44:22	00:14:22
20	ID - 6370	B-739	07:30:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:30:00	07:46:45	00:16:45
21	GA - 368	CRJX	07:30:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:34	07:30:00	07:49:19	00:19:19
22	GA-449	B-739	07:35:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:35:00	07:51:42	00:16:42
23	ID - 6174	A-320	07:35:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:37	07:35:00	07:54:19	00:19:19
24	XT - 7689	A-320	07:40:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:37	07:40:00	07:56:56	00:16:56
25	GA - 854	B-738	07:40:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:40:00	07:59:35	00:19:35
26	IN-276	B-735	07:45:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:33	07:45:00	08:02:08	00:17:08
27	JT - 683	B-739	07:50:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:50:00	08:04:31	00:14:31
28	GA - 307	B-738	07:50:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:50:00	08:07:10	00:17:10
29	ID - 6596	B-738	07:50:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:50:00	08:09:49	00:19:49
30	GA-304	B-738	07:55:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:55:00	08:12:12	00:17:12
31	QG - 642	A-320	07:55:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:37	07:55:00	08:14:49	00:19:49
									Delay Avg	00:12:03

Contoh Perhitungan nomor 2 :

$$\text{ROT} = \frac{\text{min landing or takeoff required length}}{\text{landing or takeoff speed}}$$

$$\text{ROT} = \frac{2800}{140 \times 1.85 \times 3.6} = 39 \text{ detik}$$

$$\begin{aligned} \text{Real time} &= \text{time} + \text{separation} + \text{ROT} \\ &= 07:00:00 + 00:02:00 + 00:00:39 \\ &= 07:02:39 \end{aligned}$$



## 5.2 Perhitungan *Delay Time* Skenario 1

Pada perhitungan *delay time* pada skenario 1 terdapat dua jangka waktu. Pertama, dilakukan perhitungan delay pada 5 tahun yang akan datang, kemudian perhitungan delay pada 10 tahun yang akan datang. Kedua jangka waktu ini dihitung dengan menggunakan bantuan program *Microsoft Excel*. Dilakukan *random generate number* untuk kelas pesawat, jam kedatangan atau keberangkatan, kemudian jenis operasi apakah berangkat atau datang. Dapat dilihat dibawah ini merupakan batasan yang digunakan dalam melakukan *random generate number* untuk kedua jangka waktu :

- Pada kolom Class, angka :
  - 2 = pesawat kelas B
  - 3 = pesawat kelas C
  - 4 = pesawat kelas D
- Pada kolom Time angka 5,10,15,20,25,30,35,40,45,50, dan 55 merupakan waktu keberangkatan/kedatangan sesuai jadwal dimulai dari jam 07.00. Angka 5 berarti 5 menit dari jam 07.00 atau 07.05, demikian juga untuk angka lainnya.
- Pada kolom Arr/Dep angka :
  - 1 = arrival
  - 2 = departure

Tabel 5.4 dibawah menunjukkan hasil *generate random number* yang belum diolah/diurutkan untuk jangka waktu 5 tahun yang akan datang. Tabel 5.5 menunjukkan hasil *generate random number* yang belum diolah/diurutkan untuk jangka waktu 10 tahun yang akan datang.

**Tabel 5.4** Hasil *Generate Random Number* yang belum diurutkan/diolah untuk 5 tahun yang akan datang

No	Class	Time	Arr / Dep
1	3	35	1
2	2	20	2
3	2	50	1
4	3	30	2
5	2	35	2
6	2	45	2
7	4	20	1
8	4	35	1
9	3	50	1
10	4	25	1
11	3	55	2
12	4	50	2
13	4	40	2
14	3	50	2
15	4	10	1
16	4	30	2
17	3	35	1
18	3	5	2
19	2	30	1
20	4	35	2

Untuk tabel lebih lengkap, dapat dilihat pada Lampiran D

**Tabel 5.5** Hasil *Generate Random Number* yang belum diurutkan/diolah untuk 10 tahun yang akan datang

No	Class	Time	Arr/Dep
1	4	35	1
2	3	5	1
3	3	35	2
4	3	55	2
5	3	20	1
6	4	50	2
7	3	5	2
8	2	30	2
9	3	40	1
10	2	30	1
11	4	30	1
12	4	30	1
13	3	55	2
14	4	15	1
15	4	25	2
16	3	15	1
17	4	45	2
18	2	15	1
19	4	45	2
20	2	5	2

Untuk tabel lebih lengkap, dapat dilihat pada Lampiran D



Kemudian setelah diurutkan jam penerbangan, kelas pesawat, dan jenis operasi apakah keberangkatan atau kedatangan, dapat dilakukan perhitungan *delay time*. Cara menghitung *delay time* skenario 1 sama seperti menghitung *delay time runway* eksisting diatas. Dapat dilihat pada Tabel 5.6 dan Tabel 5.7 hasil perhitungan delay time pada 5 tahun yang akan datang dan 10 tahun yang akan datang.

*Delay* yang terjadi pada 5 tahun yang akan datang adalah 40 menit 1 detik. Sedangkan delay yang terjadi pada 10 tahun yang akan datang adalah 56 menit 52 detik. Untuk hasil yang lebih jelas, dapat dilihat pada lampiran.

**Tabel 5.6** Potensi *Delay Time* saat *Peak Hour* 5 tahun yang akan datang

No	Class	Time	Arr/Dep	Group	Separation	ROT	Scheduled Time	Real Time	Delay Time
1	C	07:05:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:05:00	07:05:00	00:00:00
2	D	07:05:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:05:00	07:07:39	00:02:39
3	D	07:05:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:05:00	07:10:18	00:05:18
4	D	07:10:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:10:00	07:12:41	00:02:41
5	C	07:10:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:10:00	07:15:04	00:05:04
6	B	07:10:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:10:00	07:17:22	00:07:22
7	B	07:10:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:10:00	07:19:40	00:09:40
8	B	07:15:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:15:00	07:22:10	00:07:10
9	D	07:15:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:15:00	07:24:49	00:09:49
10	B	07:20:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:20:00	07:27:19	00:07:19
11	D	07:20:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:20:00	07:29:42	00:09:42
12	D	07:20:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:20:00	07:32:21	00:12:21
13	D	07:20:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:20:00	07:34:44	00:14:44
14	D	07:20:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:20:00	07:37:23	00:17:23
15	B	07:20:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:20:00	07:39:53	00:19:53
16	D	07:20:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:20:00	07:42:32	00:22:32
17	D	07:20:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:20:00	07:44:55	00:24:55
18	B	07:20:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:20:00	07:47:13	00:27:13
19	D	07:25:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:25:00	07:49:36	00:24:36
20	C	07:25:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:25:00	07:52:15	00:27:15
53	B	07:55:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:55:00	09:14:37	01:19:37
54	C	07:55:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:55:00	09:17:00	01:22:00
55	C	07:55:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:55:00	09:19:39	01:24:39
56	B	07:55:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:55:00	09:22:09	01:27:09
								Delay Avg	0:40:05

Untuk tabel lebih lengkap dapat dilihat pada Lampiran C

**Tabel 5.7** Potensi *Delay Time* saat *Peak Hour* 10 tahun yang akan datang

No	Class	Time	Arr/Dep	Group	Separation	ROT	Scheduled Time	Real Time	Delay Time
1	C	07:05:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:05:00	07:05:00	00:00:00
2	C	07:05:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:05:00	07:07:39	00:02:39
3	B	07:05:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:05:00	07:10:09	00:05:09
4	D	07:05:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:05:00	07:12:32	00:07:32
5	B	07:05:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:05:00	07:15:02	00:10:02
6	D	07:10:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:10:00	07:17:41	00:07:41
7	D	07:10:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:10:00	07:20:20	00:10:20
8	C	07:10:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:10:00	07:22:43	00:12:43
9	B	07:10:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:10:00	07:25:13	00:15:13
10	C	07:10:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:10:00	07:27:52	00:17:52
11	D	07:10:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:10:00	07:30:15	00:20:15
12	D	07:10:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:10:00	07:32:54	00:22:54
13	D	07:15:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:15:00	07:35:17	00:20:17
14	C	07:15:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:15:00	07:37:40	00:22:40
15	B	07:15:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:15:00	07:39:58	00:24:58
16	C	07:15:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:15:00	07:42:21	00:27:21
17	B	07:15:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:15:00	07:44:51	00:29:51
18	D	07:15:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:15:00	07:47:30	00:32:30
19	C	07:20:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:20:00	07:49:53	00:29:53
20	B	07:20:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:20:00	07:52:23	00:32:23
64	C	07:55:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:55:00	09:42:43	01:47:43
65	D	07:55:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:55:00	09:45:06	01:50:06
66	B	07:55:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:55:00	09:47:24	01:52:24
								Delay Avg	00:56:52

Untuk tabel lebih lengkap dapat dilihat pada Lampiran C

### 5.3 Perhitungan *Delay Time* Skenario 2

Pada perhitungan *delay time* pada skenario 2 terdapat dua jangka waktu dan dua *runway*. Pertama, dilakukan perhitungan delay pada 5 tahun yang akan datang pada kedua *runway*, kemudian perhitungan delay pada 10 tahun yang akan datang untuk kedua *runway*. Kedua jangka waktu ini dihitung dengan menggunakan bantuan program *Microsoft Excel*. Dilakukan *random generate number* untuk kelas pesawat, jam kedatangan atau keberangkatan, kemudian jenis operasi apakah berangkat atau datang. Dapat dilihat dibawah ini merupakan batasan yang digunakan dalam melakukan *random generate number* untuk kedua jangka waktu :

- Pada kolom Class, angka :
  - 2 = pesawat kelas B
  - 3 = pesawat kelas C
  - 4 = pesawat kelas D
- Pada kolom Time angka 5,10,15,20,25,30,35,40,45,50, dan 55 merupakan waktu keberangkatan/kedatangan sesuai jadwal dimulai dari jam 07.00. Angka 5 berarti 5 menit dari jam 07.00 atau 07.05, demikian juga untuk angka lainnya.
- Pada kolom Arr/Dep angka :
  - 1 = arrival
  - 2 = departure

Tabel 5.8 dan tabel 5.9 dibawah menunjukkan hasil *generate random number* yang belum diolah/diurutkan untuk jangka waktu 5 tahun yang akan datang pada masing-masing *runway*. Tabel 5.10 dan tabel 5.11 menunjukkan hasil *generate random number* yang belum diolah/diurutkan untuk jangka waktu 10 tahun yang akan datang pada masing-masing *runway*.

**Tabel 5.8** Hasil *Generate Random Number* yang belum diurutkan/diolah untuk 5 tahun yang akan datang pada *Runway 1*

No	Class	Time	Arr/Dep
1	3	40	1
2	2	55	2
3	3	25	1
4	3	35	2
5	2	25	2
6	3	30	2
7	2	10	1
8	3	10	2
9	2	30	2
10	4	30	2
11	2	45	2
12	3	40	2
13	2	35	1
14	4	25	1
15	2	25	1
16	3	20	1
17	3	30	1
18	2	55	1
19	3	10	1
20	2	55	2

Untuk tabel lebih lengkap, dapat dilihat pada Lampiran D

**Tabel 5.9** Hasil *Generate Random Number* yang belum diurutkan/diolah untuk 5 tahun yang akan datang pada *Runway 2*

No	Class	Time	Arr/Dep
1	2	5	2
2	4	40	2
3	3	25	1
4	4	30	2
5	4	45	2
6	2	55	1
7	4	10	1
8	2	50	2
9	3	20	1
10	3	50	2
11	3	35	1
12	3	45	2
13	3	5	2
14	2	25	1
15	3	45	1

**Tabel 5.10** Hasil *Generate Random Number* yang belum diurutkan/diolah untuk 10 tahun yang akan datang pada *Runway 1*

No	Class	Time	Arr/Dep
1	2	25	2
2	4	45	2
3	2	10	2
4	3	55	2
5	3	55	1
6	3	5	1
7	3	50	2
8	3	15	1
9	3	50	2
10	4	20	2
11	2	15	1
12	4	15	2
13	2	15	1
14	2	30	1
15	3	15	1
16	3	50	2
17	4	10	2
18	3	55	2
19	2	45	1
20	4	30	2

Untuk tabel lebih lengkap, dapat dilihat pada Lampiran D

**Tabel 5.11** Hasil *Generate Random Number* yang belum diurutkan/diolah untuk 10 tahun yang akan datang pada *Runway 2*

No	Class	Time	Arr/Dep
1	2	20	1
2	2	10	1
3	2	35	2
4	4	25	1
5	3	20	1
6	2	50	1
7	2	30	2
8	2	30	1
9	4	40	2
10	2	30	2
11	4	50	2
12	3	55	2
13	4	35	2
14	3	15	2
15	4	40	1
16	2	10	2
17	2	30	2

Kemudian setelah diurutkan jam penerbangan, kelas pesawat, dan jenis operasi apakah keberangkatan atau kedatangan, dapat dilakukan perhitungan *delay time*. Cara menghitung *delay time* skenario 2 sama seperti menghitung *delay time runway* eksisting diatas. Hanya terdapat perbedaan pada ROT *runway 2* karena memperhitungkan lama *taxiing* akibat diasumsikan bahwa pesawat bergerak pada kedua arah *runway*.



Dapat dilihat pada Tabel 5.12 dan Tabel 5.13 hasil perhitungan *delay time* pada 5 tahun yang akan datang dan Tabel 5.14 serta Tabel 5.15 hasil perhitungan *delay time* 10 tahun yang akan datang.

*Delay* yang terjadi pada 5 tahun yang akan datang adalah 24 menit 40 detik untuk *runway* 1 dan 29 menit 43 detik untuk *runway* 2. Sedangkan *delay* yang terjadi pada 10 tahun yang akan datang adalah 34 menit 19 detik untuk *runway* 1 dan 57 menit 26 detik untuk *runway* 2 . Untuk hasil yang lebih jelas, dapat dilihat pada lampiran.

**Tabel 5.12** Potensi *Delay Time* saat *Peak Hour* 5 tahun yang akan datang pada *Runway* 1

No	Class	Time	Arr/Dep	Group	Separation	ROT	Scheduled Time	Real Time	Delay Time
1	B	07:05:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:05:00	07:05:00	00:00:00
2	B	07:05:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:05:00	07:07:18	00:02:18
3	C	07:05:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:05:00	07:09:41	00:04:41
4	D	07:05:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:05:00	07:12:04	00:07:04
5	B	07:05:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:05:00	07:14:22	00:09:22
6	B	07:10:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:10:00	07:16:40	00:06:40
7	C	07:10:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:10:00	07:19:19	00:09:19
8	C	07:10:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:10:00	07:21:42	00:11:42
9	C	07:10:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:10:00	07:24:21	00:14:21
10	D	07:10:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:10:00	07:26:44	00:16:44
11	B	07:15:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:15:00	07:29:14	00:14:14
12	B	07:15:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:15:00	07:31:44	00:16:44
13	C	07:20:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:20:00	07:34:07	00:14:07
14	C	07:25:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:25:00	07:36:30	00:11:30
15	B	07:25:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:25:00	07:39:00	00:14:00
16	D	07:25:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:25:00	07:41:23	00:16:23
17	B	07:25:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:25:00	07:43:41	00:18:41
18	C	07:30:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:30:00	07:46:20	00:16:20
19	B	07:30:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:30:00	07:48:50	00:18:50
20	D	07:30:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:30:00	07:51:29	00:21:29
39	B	07:55:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:55:00	08:38:20	00:43:20
40	B	07:55:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:55:00	08:40:38	00:45:38
41	D	07:55:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:55:00	08:43:01	00:48:01
								Delay Avg	00:24:40

Untuk tabel lebih lengkap dapat dilihat pada Lampiran C

**Tabel 5.13** Potensi *Delay Time* saat *Peak Hour 5* tahun yang akan datang pada *Runway 2*

No	Class	Time	Arr/Dep	Group	Separation	ROT + TX	Scheduled Time	Real Time	Delay Time
1	B	07:05:00	Departure	Large	00:02:00	00:06:08	07:05:00	07:05:00	00:00:00
2	C	07:05:00	Departure	Large	00:02:00	00:06:17	07:05:00	07:13:17	00:08:17
3	D	07:10:00	Arrival	Large	00:02:00	00:06:01	07:10:00	07:21:18	00:11:18
4	C	07:20:00	Departure	Large	00:02:00	00:06:17	07:20:00	07:29:35	00:09:35
5	C	07:25:00	Arrival	Large	00:02:00	00:06:01	07:25:00	07:37:36	00:12:36
6	B	07:25:00	Arrival	Large	00:02:00	00:05:56	07:25:00	07:45:32	00:20:32
7	D	07:30:00	Departure	Large	00:02:00	00:06:17	07:30:00	07:53:49	00:23:49
8	C	07:35:00	Arrival	Large	00:02:00	00:06:01	07:35:00	08:01:50	00:26:50
9	D	07:40:00	Departure	Large	00:02:00	00:06:17	07:40:00	08:10:07	00:30:07
10	D	07:45:00	Departure	Large	00:02:00	00:06:17	07:45:00	08:18:24	00:33:24
11	C	07:45:00	Departure	Large	00:02:00	00:06:17	07:45:00	08:26:41	00:41:41
12	C	07:45:00	Arrival	Large	00:02:00	00:06:01	07:45:00	08:34:42	00:49:42
13	B	07:50:00	Departure	Large	00:02:00	00:06:08	07:50:00	08:42:50	00:52:50
14	C	07:50:00	Departure	Large	00:02:00	00:06:17	07:50:00	08:51:07	01:01:07
15	B	07:55:00	Arrival	Large	00:02:00	00:05:56	07:55:00	08:59:03	01:04:03
								Delay Avg	00:29:43

**Tabel 5.14** Potensi *Delay Time* saat *Peak Hour* 10 tahun yang akan datang pada *Runway 1*

No	Class	Time	Arr/Dep	Group	Separation	ROT	Scheduled Time	Real Time	Delay Time
1	C	07:05:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:05:00	07:05:00	00:00:00
2	D	07:05:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:05:00	07:07:23	00:02:23
3	B	07:05:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:05:00	07:09:41	00:04:41
4	C	07:05:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:05:00	07:12:20	00:07:20
5	B	07:10:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:10:00	07:14:50	00:04:50
6	D	07:10:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:10:00	07:17:29	00:07:29
7	B	07:10:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:10:00	07:19:59	00:09:59
8	C	07:10:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:10:00	07:22:38	00:12:38
9	C	07:15:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:15:00	07:25:01	00:10:01
10	B	07:15:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:15:00	07:27:19	00:12:19
11	D	07:15:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:15:00	07:29:58	00:14:58
12	B	07:15:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:15:00	07:32:16	00:17:16
13	C	07:15:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:15:00	07:34:39	00:19:39
14	B	07:15:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:15:00	07:37:09	00:22:09
15	C	07:15:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:15:00	07:39:48	00:24:48
16	D	07:15:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:15:00	07:42:27	00:27:27
17	D	07:20:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:20:00	07:45:06	00:25:06
18	B	07:25:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:25:00	07:47:36	00:22:36
19	D	07:25:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:25:00	07:49:59	00:24:59
20	B	07:25:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:25:00	07:52:29	00:27:29
47	D	07:55:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:55:00	09:00:12	01:05:12
48	B	07:55:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:55:00	09:02:42	01:07:42
49	B	07:55:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:55:00	09:05:12	01:10:12
								Delay Avg	00:34:19

Untuk tabel lebih lengkap dapat dilihat pada Lampiran C

**Tabel 5.15** Potensi *Delay Time* saat *Peak Hour* 10 tahun yang akan datang pada *Runway 2*

No	Class	Time	Arr/Dep	Group	Separation	ROT + TX	Scheduled Time	Real Time	Delay Time
1	B	07:10:00	Arrival	Large	00:02:00	00:05:56	07:10:00	07:10:00	00:00:00
2	B	07:10:00	Departure	Large	00:02:00	00:06:08	07:10:00	07:18:08	00:08:08
3	C	07:15:00	Departure	Large	00:02:00	00:06:17	07:15:00	07:26:25	00:11:25
4	B	07:20:00	Arrival	Large	00:02:00	00:05:56	07:20:00	07:34:21	00:14:21
5	C	07:20:00	Arrival	Large	00:02:00	00:06:01	07:20:00	07:42:22	00:22:22
6	D	07:25:00	Arrival	Large	00:02:00	00:06:01	07:25:00	07:50:23	00:25:23
7	B	07:30:00	Departure	Large	00:02:00	00:06:08	07:30:00	07:58:31	00:28:31
8	B	07:30:00	Arrival	Large	00:02:00	00:05:56	07:30:00	08:06:27	00:36:27
9	B	07:30:00	Departure	Large	00:02:00	00:06:08	07:30:00	08:14:35	00:44:35
10	B	07:30:00	Departure	Large	00:02:00	00:06:08	07:30:00	08:22:43	00:52:43
11	B	07:35:00	Departure	Large	00:02:00	00:06:08	07:35:00	08:30:51	00:55:51
12	D	07:35:00	Departure	Large	00:02:00	00:06:17	07:35:00	08:39:08	01:04:08
13	D	07:40:00	Departure	Large	00:02:00	00:06:17	07:40:00	08:47:25	01:07:25
14	D	07:40:00	Arrival	Large	00:02:00	00:06:01	07:40:00	08:55:26	01:15:26
15	B	07:50:00	Arrival	Large	00:02:00	00:05:56	07:50:00	09:03:22	01:13:22
16	D	07:50:00	Departure	Large	00:02:00	00:06:17	07:50:00	09:11:39	01:21:39
17	C	07:55:00	Departure	Large	00:02:00	00:06:17	07:55:00	09:19:56	01:24:56
								Delay Avg	00:57:26

Besar waktu yang didapat pada kolom ROT + TX pada Tabel 5.13 dan Tabel 5.15 didapat dari *Runway Occupancy Time (ROT)* ditambah dengan waktu *taxiing* dari *runway* menuju *apron* terminal 2 melewati *taxiway 2* yang baru. Waktu *taxiing* yang diperlukan diasumsikan sama untuk setiap jenis pesawat yaitu 5 menit 40 detik.

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1 Kesimpulan**

Dari perhitungan Tugas Akhir ini, dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Pergerakan pesawat pada 5 dan 10 tahun yang akan datang diramalkan sebesar 193019 pergerakan dan 229063 pergerakan.
2. Saat ini, kapasitas *runway* eksisting dapat melayani 48 pergerakan perjam pada *peak hour*. Namun sesuai perhitungan, terdapat potensi *delay* sebesar 12 menit 8 detik dengan 31 pergerakan di *peak hour*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *runway* eksisting sudah tidak dapat melayani demand yang ada. Pada 5 tahun yang akan datang, terdapat potensi *delay* sebesar 40 menit 1 detik dan sebesar 56 menit 52 detik untuk 10 tahun yang akan datang.
3. Kapasitas dari *runway* 2 (*taxiway* 2) bila dihitung dapat melayani 64 pergerakan perjam pada *peak hour*. Pada 5 tahun yang akan datang terdapat potensi *delay* pada *runway* 2 sebesar 29 menit 43 detik, sedangkan pada *runway* 1 sebesar 24 menit 40 detik. Pada 10 tahun yang akan datang terdapat potensi *delay* pada *runway* 2 sebesar 57 menit 26 detik sedangkan pada *runway* 1 sebesar 34 menit 19 detik.

## 6.2 Saran

Pada Tugas Akhir ini terdapat saran yang penulis ingin berikan :

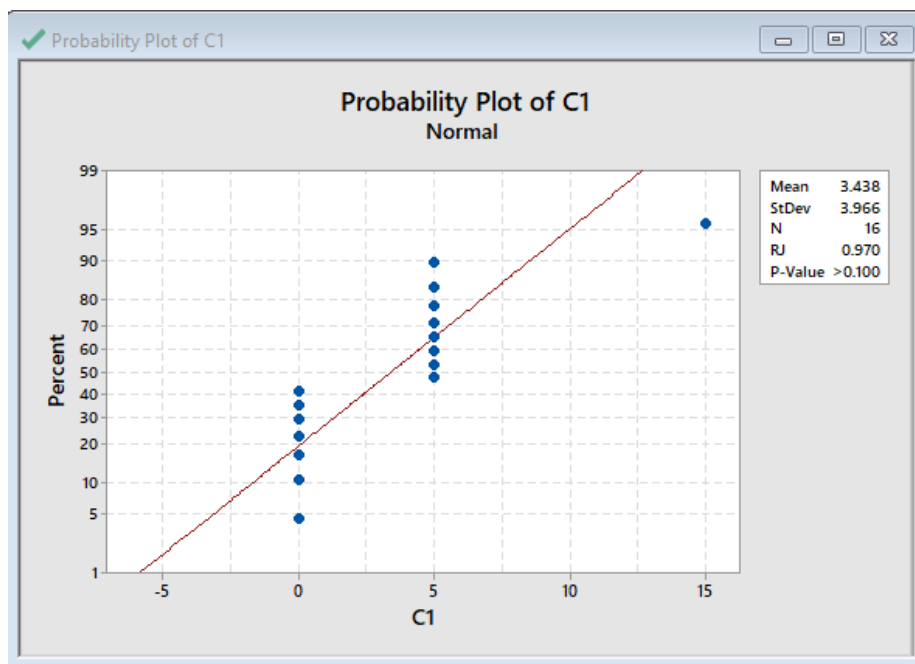
1. Apabila *taxiway* 2 digunakan sebagai *runway* 2 dapat mengurangi *delay* yang terjadi di *runway* 1
2. Perlu dibuat *taxiway* baru sejajar dengan *runway* 2 dengan letak disebelahnya untuk jalur pesawat menuju *apron*.

**LAMPIRAN**



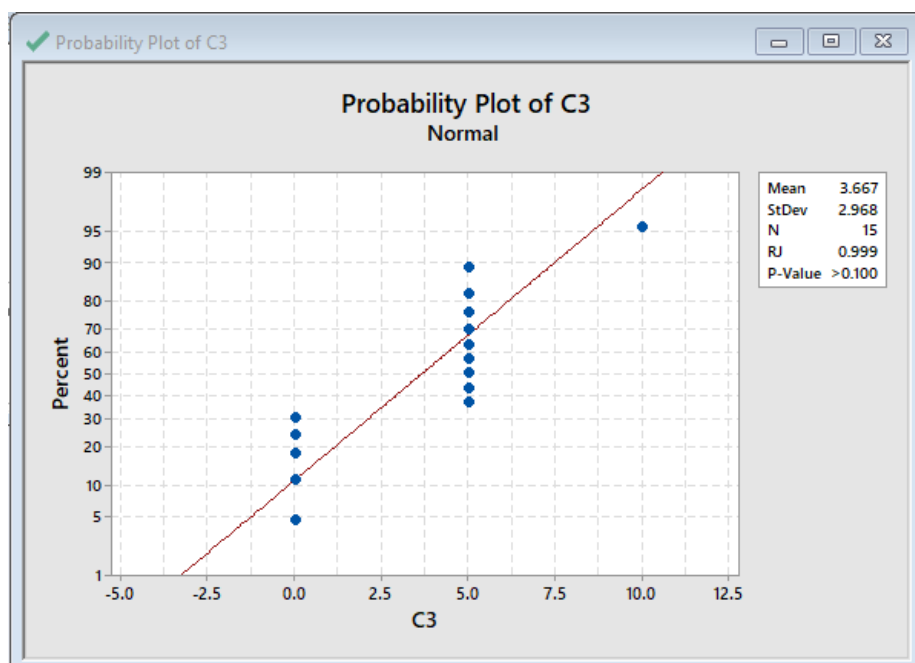
## LAMPIRAN A - HASIL ANALISA UJI DISTRIBUSI NORMAL DATA EKSISTING

- Data Eksisting – Kedatangan (*Arrivals*)



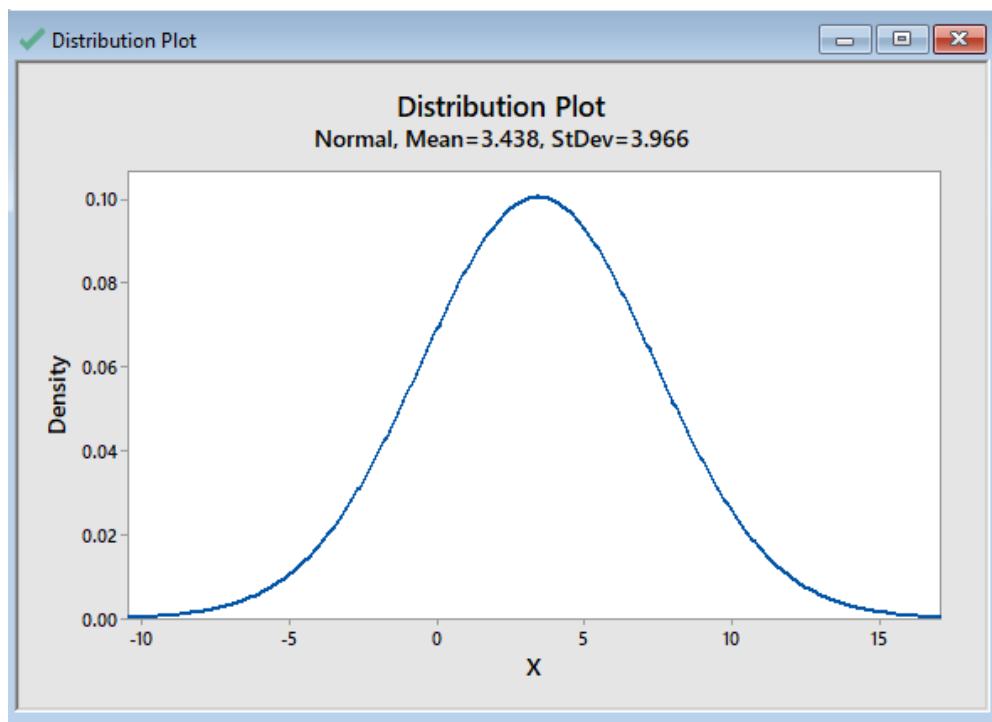
P-Value > 0.05 → distribusi normal

- Data Eksisting – Keberangkatan (*Departures*)

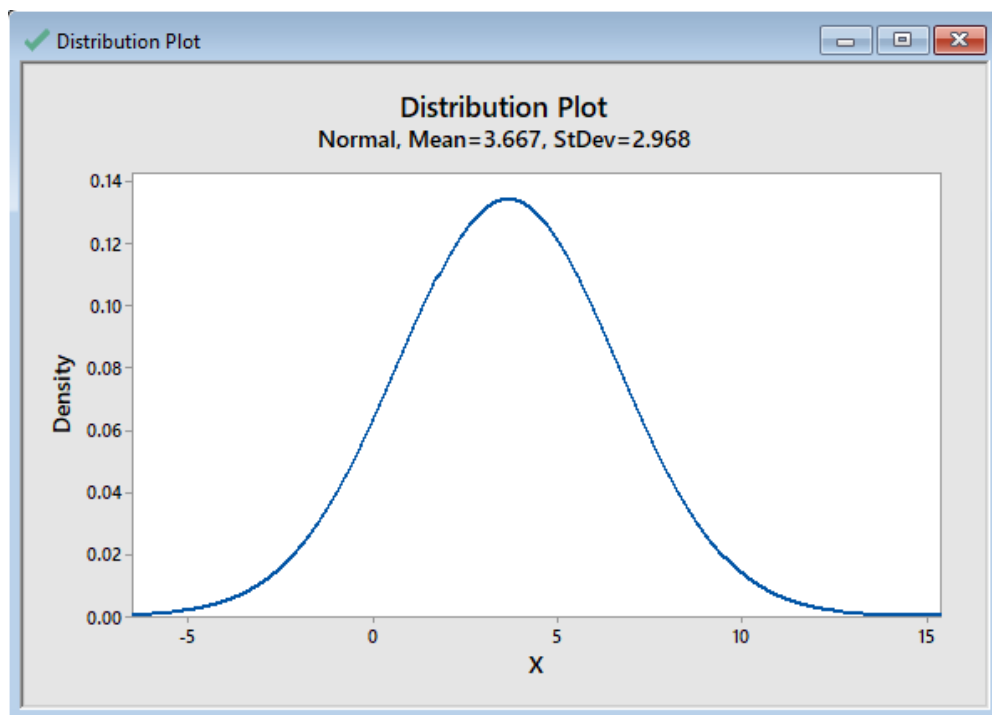


P-Value > 0.05 → distribusi normal

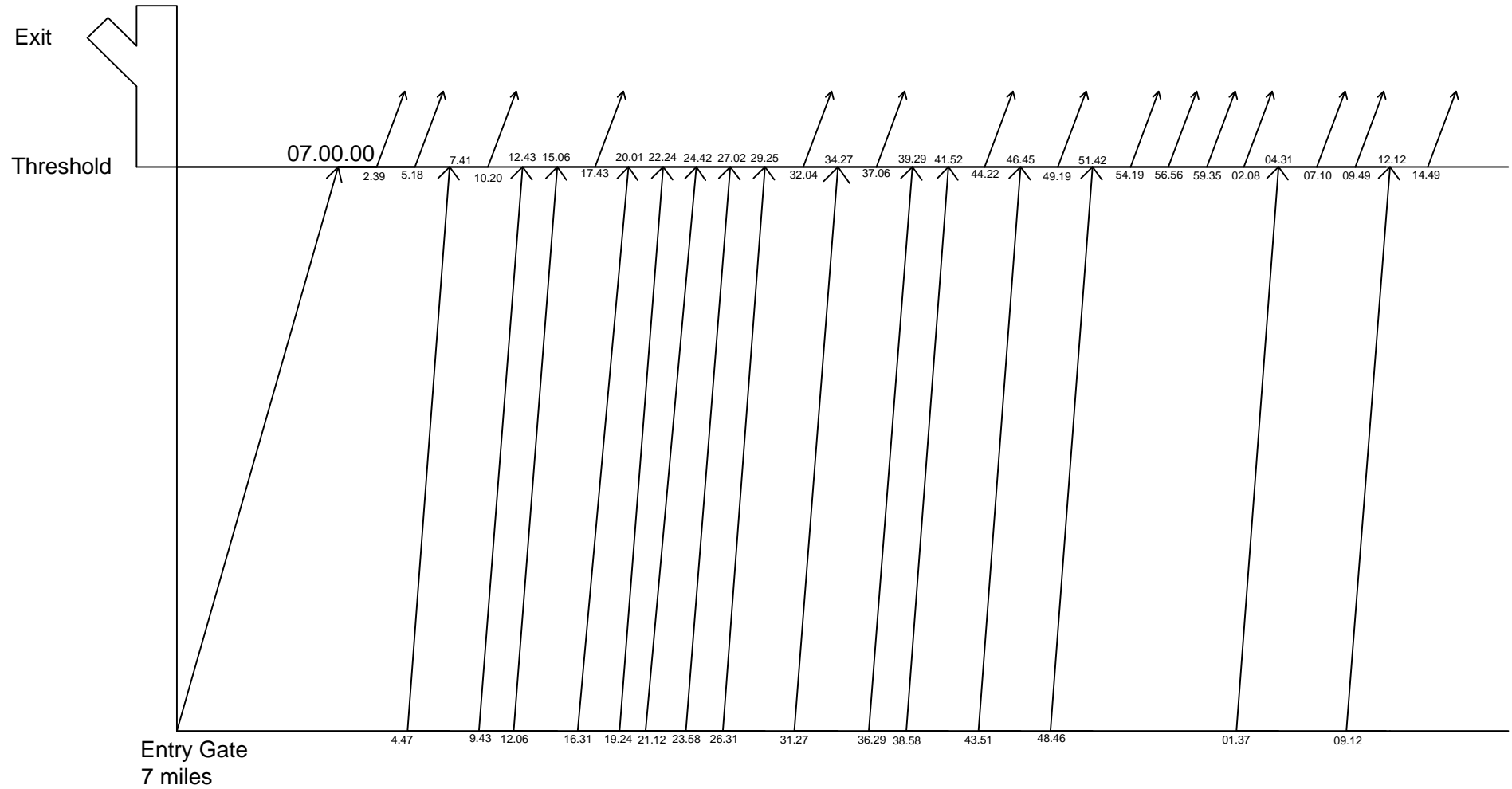
- Kurva Distribusi Normal – *Arrivals*



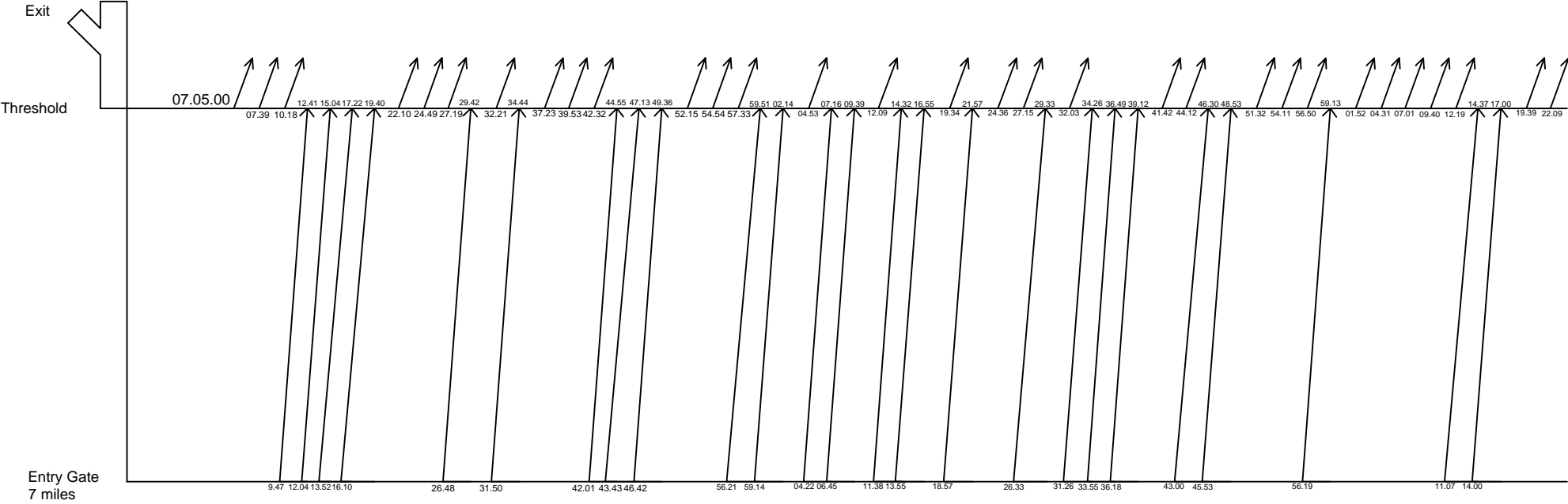
- Kurva Distribusi Normal – *Departures*



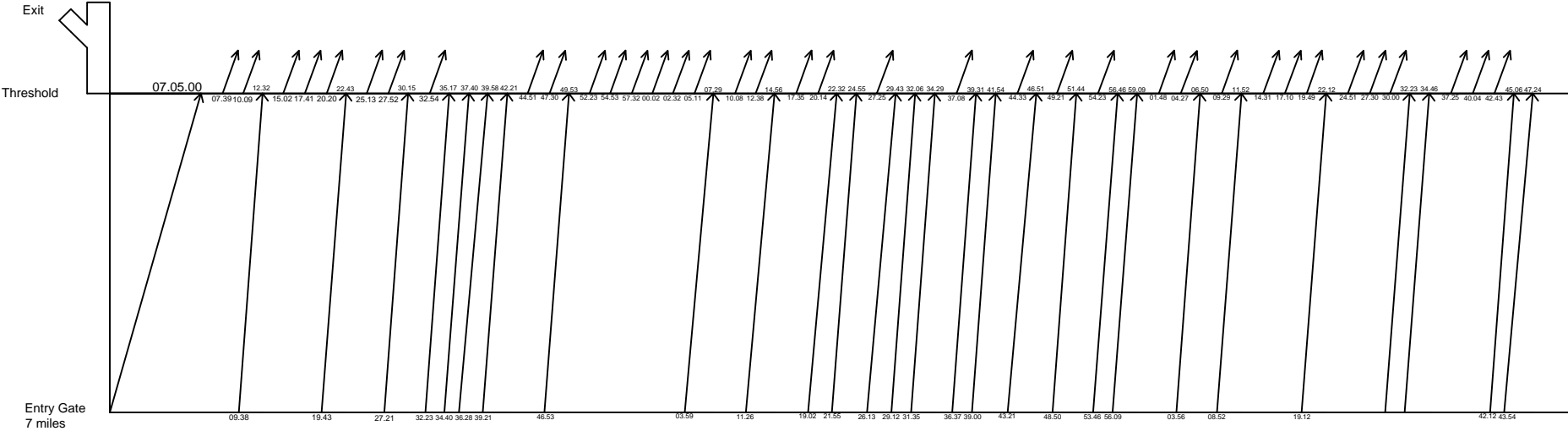
## LAMPIRAN B - TIME SPACE DIAGRAM RUNWAY EKSISTING



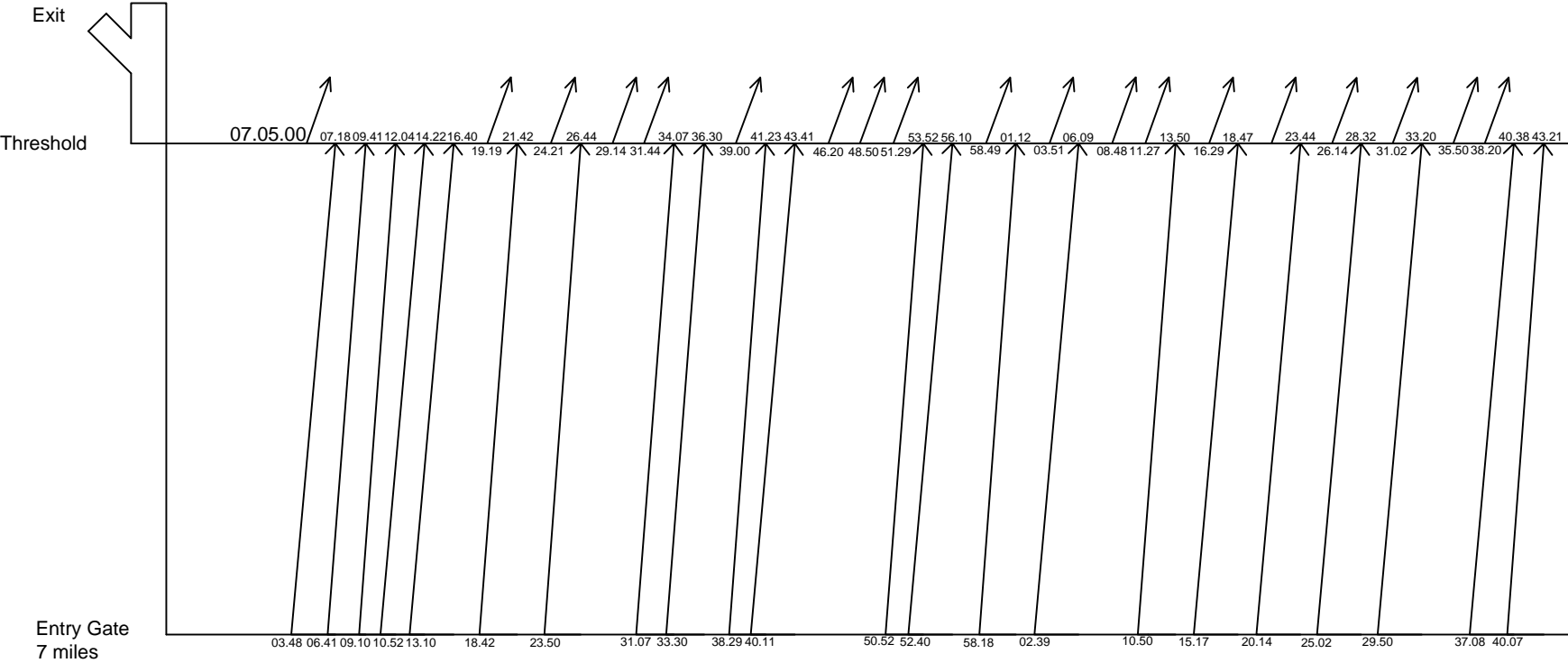
LAMPIRAN B - *TIME SPACE DIAGRAM RUNWAY 1* SKENARIO 1 - 5 TAHUN MENDATANG



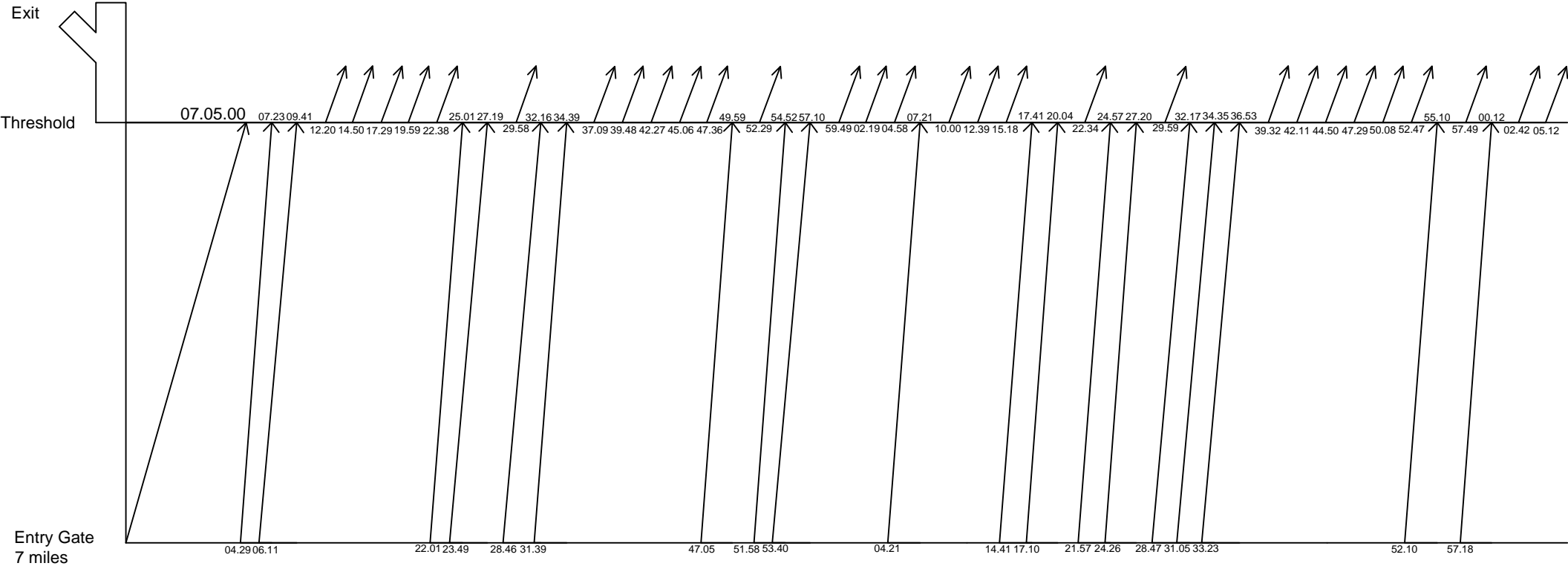
LAMPIRAN B - *TIME SPACE DIAGRAM RUNWAY 1* SKENARIO 1 - 10 TAHUN MENDATANG



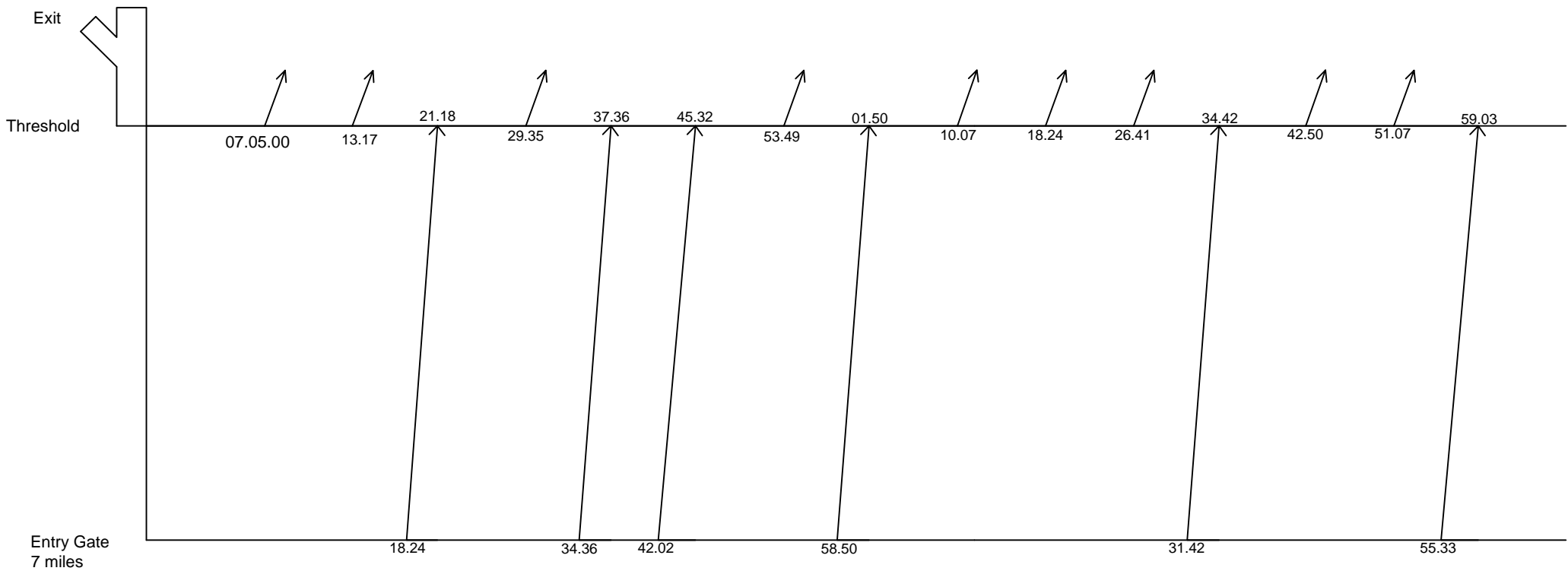
LAMPIRAN B - *TIME SPACE DIAGRAM RUNWAY 1* SKENARIO 2 - 5 TAHUN MENDATANG



LAMPIRAN B - *TIME SPACE DIAGRAM RUNWAY 1* SKENARIO 2 - 10 TAHUN MENDATANG

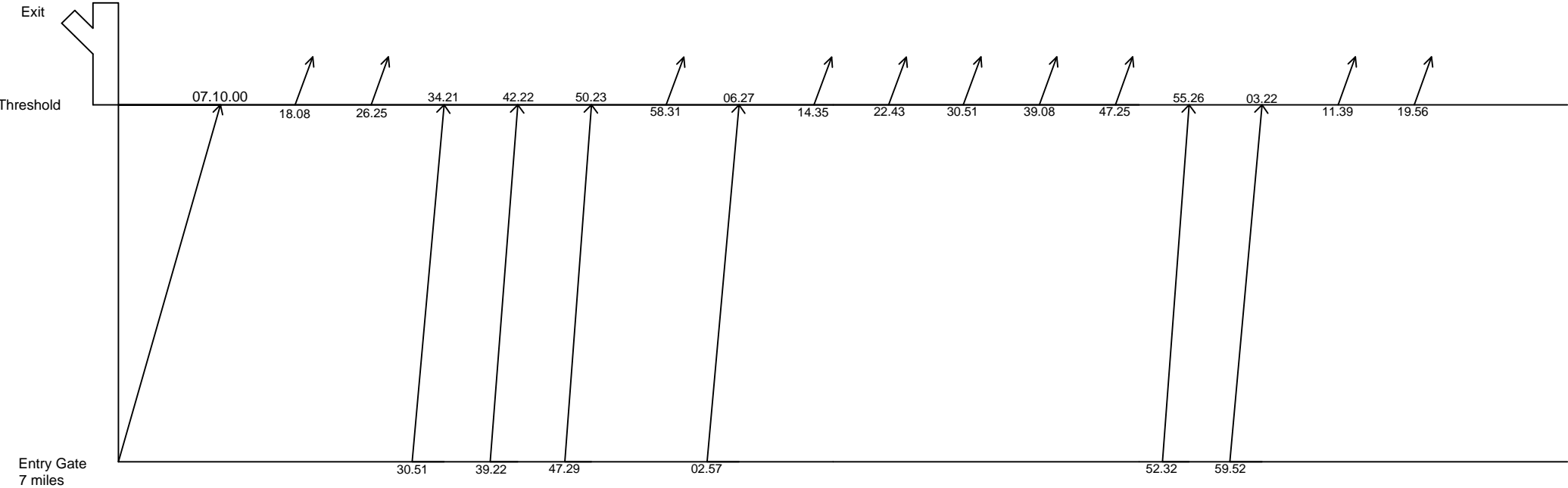


LAMPIRAN B - *TIME SPACE DIAGRAM RUNWAY 2* SKENARIO 2 - 5 TAHUN MENDATANG





LAMPIRAN B - *TIME SPACE DIAGRAM RUNWAY 2* SKENARIO 2 - 10 TAHUN MENDATANG



# LAMPIRAN C TABEL POTENSI DELAY TIME SKENARIO 1 - 5 TAHUN

No	Class	Time	Arr/Dep	Group	Separation	ROT	Scheduled Time	Real Time	Delay Time
1	C	07:05:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:05:00	07:05:00	00:00:00
2	D	07:05:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:05:00	07:07:39	00:02:39
3	D	07:05:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:05:00	07:10:18	00:05:18
4	D	07:10:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:10:00	07:12:41	00:02:41
5	C	07:10:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:10:00	07:15:04	00:05:04
6	B	07:10:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:10:00	07:17:22	00:07:22
7	B	07:10:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:10:00	07:19:40	00:09:40
8	B	07:15:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:15:00	07:22:10	00:07:10
9	D	07:15:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:15:00	07:24:49	00:09:49
10	B	07:20:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:20:00	07:27:19	00:07:19
11	D	07:20:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:20:00	07:29:42	00:09:42
12	D	07:20:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:20:00	07:32:21	00:12:21
13	D	07:20:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:20:00	07:34:44	00:14:44
14	D	07:20:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:20:00	07:37:23	00:17:23
15	B	07:20:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:20:00	07:39:53	00:19:53
16	D	07:20:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:23	07:20:00	07:42:16	00:22:16
17	D	07:20:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:20:00	07:44:39	00:24:39
18	B	07:20:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:20:00	07:46:57	00:26:57
19	D	07:25:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:25:00	07:49:20	00:24:20
20	C	07:25:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:25:00	07:51:59	00:26:59
21	C	07:30:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:30:00	07:54:38	00:24:38
22	D	07:30:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:30:00	07:57:17	00:27:17
23	B	07:30:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:30:00	07:59:35	00:29:35
24	D	07:30:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:30:00	08:01:58	00:31:58
25	D	07:30:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:30:00	08:04:37	00:34:37
26	D	07:30:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:30:00	08:07:00	00:37:00
27	C	07:35:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:35:00	08:09:23	00:34:23
28	B	07:35:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:35:00	08:11:53	00:36:53
29	D	07:35:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:39	07:35:00	08:14:32	00:39:32
30	C	07:35:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:35:00	08:16:55	00:41:55
31	D	07:35:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:35:00	08:19:34	00:44:34
32	C	07:35:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:35:00	08:21:57	00:46:57
33	C	07:35:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:35:00	08:24:36	00:49:36
34	D	07:40:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:40:00	08:27:15	00:47:15
35	B	07:40:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:40:00	08:29:33	00:49:33
36	B	07:40:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:40:00	08:32:03	00:52:03
37	C	07:40:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:40:00	08:34:26	00:54:26
38	D	07:40:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:40:00	08:36:49	00:56:49
39	D	07:40:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:40:00	08:39:12	00:59:12
40	B	07:45:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:45:00	08:41:42	00:56:42
41	B	07:45:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:45:00	08:44:12	00:59:12
42	B	07:50:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:50:00	08:46:30	00:56:30
43	C	07:50:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:50:00	08:48:53	00:58:53
44	D	07:50:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:50:00	08:51:32	01:01:32
45	C	07:50:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:50:00	08:54:11	01:04:11
46	D	07:50:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:50:00	08:56:50	01:06:50
47	D	07:50:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:50:00	08:59:13	01:09:13
48	C	07:55:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:55:00	09:01:52	01:06:52
49	C	07:55:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:55:00	09:04:31	01:09:31
50	B	07:55:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:55:00	09:07:01	01:12:01
51	D	07:55:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:55:00	09:09:40	01:14:40
52	C	07:55:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:55:00	09:12:19	01:17:19
53	B	07:55:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:55:00	09:14:37	01:19:37
54	C	07:55:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:55:00	09:17:00	01:22:00
55	C	07:55:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:55:00	09:19:39	01:24:39
56	B	07:55:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:55:00	09:22:09	01:27:09
								Delay Avg	0:40:01

# LAMPIRAN C - TABEL POTENSI DELAY TIME SKENARIO 1 – 10 TAHUN

No	Class	Time	Arr/Dep	Group	Separation	ROT	Scheduled Time	Real Time	Delay Time
1	C	07:05:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:05:00	07:05:00	00:00:00
2	C	07:05:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:05:00	07:07:39	00:02:39
3	B	07:05:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:05:00	07:10:09	00:05:09
4	D	07:05:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:05:00	07:12:32	00:07:32
5	B	07:05:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:05:00	07:15:02	00:10:02
6	D	07:10:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:10:00	07:17:41	00:07:41
7	D	07:10:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:10:00	07:20:20	00:10:20
8	C	07:10:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:10:00	07:22:43	00:12:43
9	B	07:10:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:10:00	07:25:13	00:15:13
10	C	07:10:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:10:00	07:27:52	00:17:52
11	D	07:10:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:10:00	07:30:15	00:20:15
12	D	07:10:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:10:00	07:32:54	00:22:54
13	D	07:15:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:15:00	07:35:17	00:20:17
14	C	07:15:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:15:00	07:37:40	00:22:40
15	B	07:15:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:15:00	07:39:58	00:24:58
16	C	07:15:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:15:00	07:42:21	00:27:21
17	B	07:15:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:15:00	07:44:51	00:29:51
18	D	07:15:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:15:00	07:47:30	00:32:30
19	C	07:20:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:20:00	07:49:53	00:29:53
20	B	07:20:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:20:00	07:52:23	00:32:23
21	B	07:20:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:20:00	07:54:53	00:34:53
22	C	07:20:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:20:00	07:57:32	00:37:32
23	B	07:20:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:20:00	08:00:02	00:40:02
24	B	07:20:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:20:00	08:02:32	00:42:32
25	D	07:20:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:20:00	08:05:11	00:45:11
26	B	07:20:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:20:00	08:07:29	00:47:29
27	D	07:25:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:25:00	08:10:08	00:45:08
28	B	07:25:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:25:00	08:12:38	00:47:38
29	B	07:25:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:25:00	08:14:56	00:49:56
30	C	07:25:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:25:00	08:17:35	00:52:35
31	D	07:25:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:25:00	08:20:14	00:55:14
32	B	07:25:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:25:00	08:22:32	00:57:32
33	C	07:25:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:25:00	08:24:55	00:59:55
34	B	07:30:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:30:00	08:27:25	00:57:25
35	B	07:30:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:30:00	08:29:43	00:59:43
36	D	07:30:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:30:00	08:32:06	01:02:06
37	D	07:30:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:30:00	08:34:29	01:04:29
38	D	07:30:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:30:00	08:37:08	01:07:08
39	D	07:30:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:30:00	08:39:31	01:09:31
40	D	07:35:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:35:00	08:41:54	01:06:54
41	C	07:35:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:35:00	08:44:33	01:09:33
42	B	07:35:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:35:00	08:46:51	01:11:51
43	B	07:35:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:35:00	08:49:21	01:14:21
44	D	07:35:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:35:00	08:51:44	01:16:44
45	D	07:35:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:35:00	08:54:23	01:19:23
46	C	07:35:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:35:00	08:56:46	01:21:46
47	C	07:40:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:40:00	08:59:09	01:19:09
48	D	07:45:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:45:00	09:01:48	01:16:48
49	D	07:45:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:45:00	09:04:27	01:19:27
50	D	07:45:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:45:00	09:06:50	01:21:50
51	D	07:45:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:45:00	09:09:29	01:24:29
52	C	07:45:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:45:00	09:11:52	01:26:52
53	D	07:45:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:45:00	09:14:31	01:29:31
54	D	07:50:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:50:00	09:17:10	01:27:10
55	D	07:50:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:50:00	09:19:49	01:29:49
56	C	07:50:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:50:00	09:22:12	01:32:12
57	C	07:50:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:50:00	09:24:51	01:34:51
58	D	07:50:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:50:00	09:27:30	01:37:30
59	B	07:50:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:50:00	09:30:00	01:40:00
60	C	07:50:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:50:00	09:32:23	01:42:23
61	C	07:50:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:50:00	09:34:46	01:44:46
62	C	07:55:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:55:00	09:37:25	01:42:25
63	C	07:55:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:55:00	09:40:04	01:45:04
64	C	07:55:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:55:00	09:42:43	01:47:43
65	D	07:55:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:55:00	09:45:06	01:50:06
66	B	07:55:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:55:00	09:47:24	01:52:24
								Delay Avg	00:56:52

LAMPIRAN C – TABEL POTENSI DELAY TIME SKENARIO 2 – 5 TAHUN –  
RUNWAY 1

No	Class	Time	Arr/Dep	Group	Separation	ROT	Scheduled Time	Real Time	Delay Time
1	B	07:05:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:05:00	07:05:00	00:00:00
2	B	07:05:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:05:00	07:07:18	00:02:18
3	C	07:05:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:05:00	07:09:41	00:04:41
4	D	07:05:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:05:00	07:12:04	00:07:04
5	B	07:05:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:05:00	07:14:22	00:09:22
6	B	07:10:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:10:00	07:16:40	00:06:40
7	C	07:10:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:10:00	07:19:19	00:09:19
8	C	07:10:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:10:00	07:21:42	00:11:42
9	C	07:10:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:10:00	07:24:21	00:14:21
10	D	07:10:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:10:00	07:26:44	00:16:44
11	B	07:15:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:15:00	07:29:14	00:14:14
12	B	07:15:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:15:00	07:31:44	00:16:44
13	C	07:20:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:20:00	07:34:07	00:14:07
14	C	07:25:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:25:00	07:36:30	00:11:30
15	B	07:25:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:25:00	07:39:00	00:14:00
16	D	07:25:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:25:00	07:41:23	00:16:23
17	B	07:25:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:25:00	07:43:41	00:18:41
18	C	07:30:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:30:00	07:46:20	00:16:20
19	B	07:30:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:30:00	07:48:50	00:18:50
20	D	07:30:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:30:00	07:51:29	00:21:29
21	C	07:30:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:30:00	07:53:52	00:23:52
22	B	07:30:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:30:00	07:56:10	00:26:10
23	C	07:30:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:30:00	07:58:49	00:28:49
24	D	07:30:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:30:00	08:01:12	00:31:12
25	C	07:35:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:35:00	08:03:51	00:28:51
26	B	07:35:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:35:00	08:06:09	00:31:09
27	D	07:35:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:35:00	08:08:48	00:33:48
28	C	07:35:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:35:00	08:11:27	00:36:27
29	C	07:40:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:40:00	08:13:50	00:33:50
30	C	07:40:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:40:00	08:16:29	00:36:29
31	B	07:40:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:40:00	08:18:47	00:38:47
32	D	07:40:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:40:00	08:21:26	00:41:26
33	B	07:40:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:40:00	08:23:44	00:43:44
34	B	07:45:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:45:00	08:26:14	00:41:14
35	B	07:50:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:50:00	08:28:32	00:38:32
36	B	07:55:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:55:00	08:31:02	00:36:02
37	B	07:55:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:55:00	08:33:20	00:38:20
38	B	07:55:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:55:00	08:35:50	00:40:50
39	B	07:55:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:55:00	08:38:20	00:43:20
40	B	07:55:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:55:00	08:40:38	00:45:38
41	D	07:55:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:55:00	08:43:01	00:48:01
								Delay Avg	00:24:40

LAMPIRAN C - TABEL POTENSI DELAY TIME SKENARIO 2 – 5 TAHUN –  
RUNWAY 2

No	Class	Time	Arr/Dep	Group	Separation	ROT + TX	Scheduled Time	Real Time	Delay Time
1	B	07:05:00	Departure	Large	00:02:00	00:06:08	07:05:00	07:05:00	00:00:00
2	C	07:05:00	Departure	Large	00:02:00	00:06:17	07:05:00	07:13:17	00:08:17
3	D	07:10:00	Arrival	Large	00:02:00	00:06:01	07:10:00	07:21:18	00:11:18
4	C	07:20:00	Departure	Large	00:02:00	00:06:17	07:20:00	07:29:35	00:09:35
5	C	07:25:00	Arrival	Large	00:02:00	00:06:01	07:25:00	07:37:36	00:12:36
6	B	07:25:00	Arrival	Large	00:02:00	00:05:56	07:25:00	07:45:32	00:20:32
7	D	07:30:00	Departure	Large	00:02:00	00:06:17	07:30:00	07:53:49	00:23:49
8	C	07:35:00	Arrival	Large	00:02:00	00:06:01	07:35:00	08:01:50	00:26:50
9	D	07:40:00	Departure	Large	00:02:00	00:06:17	07:40:00	08:10:07	00:30:07
10	D	07:45:00	Departure	Large	00:02:00	00:06:17	07:45:00	08:18:24	00:33:24
11	C	07:45:00	Departure	Large	00:02:00	00:06:17	07:45:00	08:26:41	00:41:41
12	C	07:45:00	Arrival	Large	00:02:00	00:06:01	07:45:00	08:34:42	00:49:42
13	B	07:50:00	Departure	Large	00:02:00	00:06:08	07:50:00	08:42:50	00:52:50
14	C	07:50:00	Departure	Large	00:02:00	00:06:17	07:50:00	08:51:07	01:01:07
15	B	07:55:00	Arrival	Large	00:02:00	00:05:56	07:55:00	08:59:03	01:04:03
								Delay Avg	00:29:43

LAMPIRAN C - TABEL POTENSI DELAY TIME SKENARIO 2 – 10 TAHUN –  
RUNWAY 1

No	Class	Time	Arr/Dep	Group	Separation	ROT	Scheduled Time	Real Time	Delay Time
1	C	07:05:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:05:00	07:05:00	00:00:00
2	D	07:05:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:05:00	07:07:23	00:02:23
3	B	07:05:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:05:00	07:09:41	00:04:41
4	C	07:05:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:05:00	07:12:20	00:07:20
5	B	07:10:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:10:00	07:14:50	00:04:50
6	D	07:10:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:10:00	07:17:29	00:07:29
7	B	07:10:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:10:00	07:19:59	00:09:59
8	C	07:10:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:10:00	07:22:38	00:12:38
9	C	07:15:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:15:00	07:25:01	00:10:01
10	B	07:15:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:15:00	07:27:19	00:12:19
11	D	07:15:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:15:00	07:29:58	00:14:58
12	B	07:15:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:15:00	07:32:16	00:17:16
13	C	07:15:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:15:00	07:34:39	00:19:39
14	B	07:15:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:15:00	07:37:09	00:22:09
15	C	07:15:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:15:00	07:39:48	00:24:48
16	D	07:15:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:15:00	07:42:27	00:27:27
17	D	07:20:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:20:00	07:45:06	00:25:06
18	B	07:25:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:25:00	07:47:36	00:22:36
19	D	07:25:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:25:00	07:49:59	00:24:59
20	B	07:25:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:25:00	07:52:29	00:27:29
21	D	07:25:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:25:00	07:54:52	00:29:52
22	B	07:30:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:30:00	07:57:10	00:27:10
23	D	07:30:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:30:00	07:59:49	00:29:49
24	B	07:30:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:30:00	08:02:19	00:32:19
25	D	07:30:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:30:00	08:04:58	00:34:58
26	C	07:30:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:30:00	08:07:21	00:37:21
27	D	07:30:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:30:00	08:10:00	00:40:00
28	C	07:35:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:35:00	08:12:39	00:37:39
29	C	07:35:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:35:00	08:15:18	00:40:18
30	C	07:35:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:35:00	08:17:41	00:42:41
31	D	07:40:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:40:00	08:20:04	00:40:04
32	B	07:40:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:40:00	08:22:34	00:42:34
33	C	07:40:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:40:00	08:24:57	00:44:57
34	D	07:40:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:40:00	08:27:20	00:47:20
35	D	07:45:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:45:00	08:29:59	00:44:59
36	B	07:45:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:45:00	08:32:17	00:47:17
37	B	07:45:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:45:00	08:34:35	00:49:35
38	B	07:45:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:18	07:45:00	08:36:53	00:51:53
39	C	07:45:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:45:00	08:39:32	00:54:32
40	C	07:50:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:50:00	08:42:11	00:52:11
41	C	07:50:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:50:00	08:44:50	00:54:50
42	C	07:50:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:50:00	08:47:29	00:57:29
43	C	07:50:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:50:00	08:50:08	01:00:08
44	C	07:55:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:55:00	08:52:47	00:57:47
45	C	07:55:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:55:00	08:55:10	01:00:10
46	C	07:55:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:39	07:55:00	08:57:49	01:02:49
47	D	07:55:00	Arrival	Large	00:02:00	00:00:23	07:55:00	09:00:12	01:05:12
48	B	07:55:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:55:00	09:02:42	01:07:42
49	B	07:55:00	Departure	Large	00:02:00	00:00:30	07:55:00	09:05:12	01:10:12
								Delay Avg	00:34:19

LAMPIRAN C - TABEL POTENSI DELAY TIME SKENARIO 2 – 10 TAHUN – RUNWAY

2

No	Class	Time	Arr/Dep	Group	Separation	ROT + TX	Scheduled Time	Real Time	Delay Time
1	B	07:10:00	Arrival	Large	00:02:00	00:05:56	07:10:00	07:10:00	00:00:00
2	B	07:10:00	Departure	Large	00:02:00	00:06:08	07:10:00	07:18:08	00:08:08
3	C	07:15:00	Departure	Large	00:02:00	00:06:17	07:15:00	07:26:25	00:11:25
4	B	07:20:00	Arrival	Large	00:02:00	00:05:56	07:20:00	07:34:21	00:14:21
5	C	07:20:00	Arrival	Large	00:02:00	00:06:01	07:20:00	07:42:22	00:22:22
6	D	07:25:00	Arrival	Large	00:02:00	00:06:01	07:25:00	07:50:23	00:25:23
7	B	07:30:00	Departure	Large	00:02:00	00:06:08	07:30:00	07:58:31	00:28:31
8	B	07:30:00	Arrival	Large	00:02:00	00:05:56	07:30:00	08:06:27	00:36:27
9	B	07:30:00	Departure	Large	00:02:00	00:06:08	07:30:00	08:14:35	00:44:35
10	B	07:30:00	Departure	Large	00:02:00	00:06:08	07:30:00	08:22:43	00:52:43
11	B	07:35:00	Departure	Large	00:02:00	00:06:08	07:35:00	08:30:51	00:55:51
12	D	07:35:00	Departure	Large	00:02:00	00:06:17	07:35:00	08:39:08	01:04:08
13	D	07:40:00	Departure	Large	00:02:00	00:06:17	07:40:00	08:47:25	01:07:25
14	D	07:40:00	Arrival	Large	00:02:00	00:06:01	07:40:00	08:55:26	01:15:26
15	B	07:50:00	Arrival	Large	00:02:00	00:05:56	07:50:00	09:03:22	01:13:22
16	D	07:50:00	Departure	Large	00:02:00	00:06:17	07:50:00	09:11:39	01:21:39
17	C	07:55:00	Departure	Large	00:02:00	00:06:17	07:55:00	09:19:56	01:24:56
								Delay Avg	00:57:26

LAMPIRAN D – TABEL HASIL *GENERATE RANDOM NUMBER* SKENARIO 1 – 5  
TAHUN

No	Class	Time	Arr/Dep
1	3	35	1
2	2	20	2
3	2	50	1
4	3	30	2
5	2	35	2
6	2	45	2
7	4	20	1
8	4	35	1
9	3	50	1
10	4	25	1
11	3	55	2
12	4	50	2
13	4	40	2
14	3	50	2
15	4	10	1
16	4	30	2
17	3	35	1
18	3	5	2
19	2	30	1
20	4	35	2
21	2	40	1
22	2	40	2
23	4	30	1
24	3	55	2
25	4	20	2
26	4	20	1
27	3	10	1
28	4	30	2
29	4	5	2
30	4	50	2
31	2	55	2
32	2	10	1
33	4	55	2
34	3	40	1
35	4	20	2
36	2	10	1
37	4	40	1
38	3	55	2
39	2	55	1
40	3	55	1
41	2	15	2
42	2	20	2
43	3	35	1
44	3	25	2
45	4	20	2
46	3	35	2
47	4	15	2
48	3	55	2
49	4	30	1
50	4	50	1
51	4	20	1
52	2	55	2
53	4	40	1
54	2	45	2
55	2	20	1
56	4	5	2



LAMPIRAN D – TABEL HASIL *GENERATE RANDOM NUMBER* SKENARIO 1 –10 TAHUN

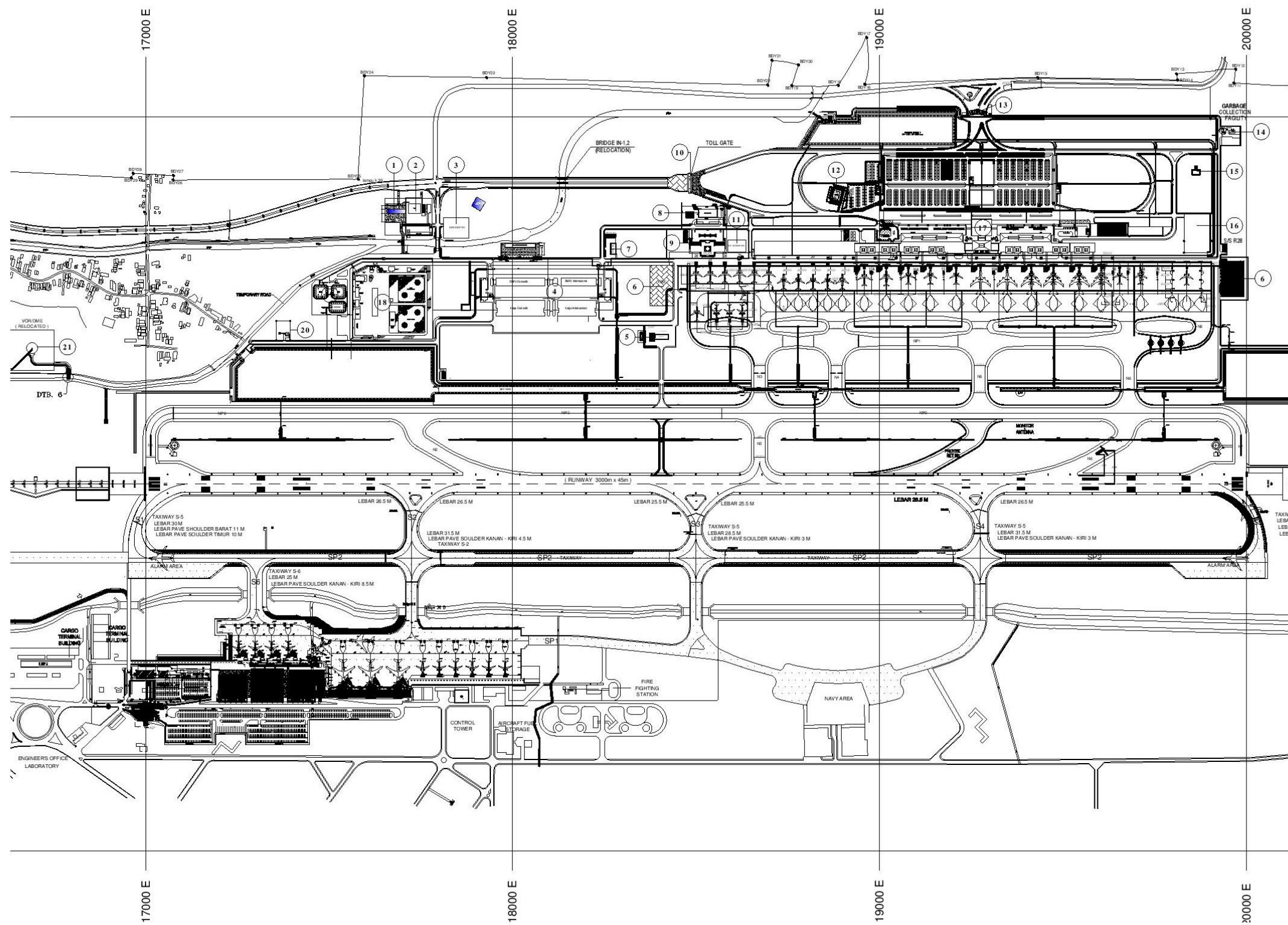
No	Class	Time	Arr/Dep
1	4	35	1
2	3	5	1
3	3	35	2
4	3	55	2
5	3	20	1
6	4	50	2
7	3	5	2
8	2	30	2
9	3	40	1
10	2	30	1
11	4	30	1
12	4	30	1
13	3	55	2
14	4	15	1
15	4	25	2
16	3	15	1
17	4	45	2
18	2	15	1
19	4	45	2
20	2	5	2
21	4	45	1
22	2	25	2
23	3	15	1
24	4	50	2
25	3	50	1
26	2	25	1
27	3	25	2
28	4	5	1
29	2	20	2
30	4	10	2
31	3	50	2
32	4	10	2
33	4	50	2
34	2	50	2
35	2	15	2
36	3	55	2
37	3	10	1
38	2	20	2
39	2	35	1
40	2	10	2
41	3	20	2
42	2	35	2
43	4	55	1
44	4	25	2
45	3	10	2
46	2	20	2
47	3	50	1
48	2	5	2
49	4	30	2
50	2	20	2
51	4	20	2
52	2	55	1
53	4	30	1
54	2	25	1
55	4	35	1
56	4	10	1
57	2	20	1
58	4	10	2
59	4	45	2
60	3	45	1
61	4	35	2
62	4	15	2
63	3	35	1
64	4	45	2
65	3	50	1
66	3	25	1

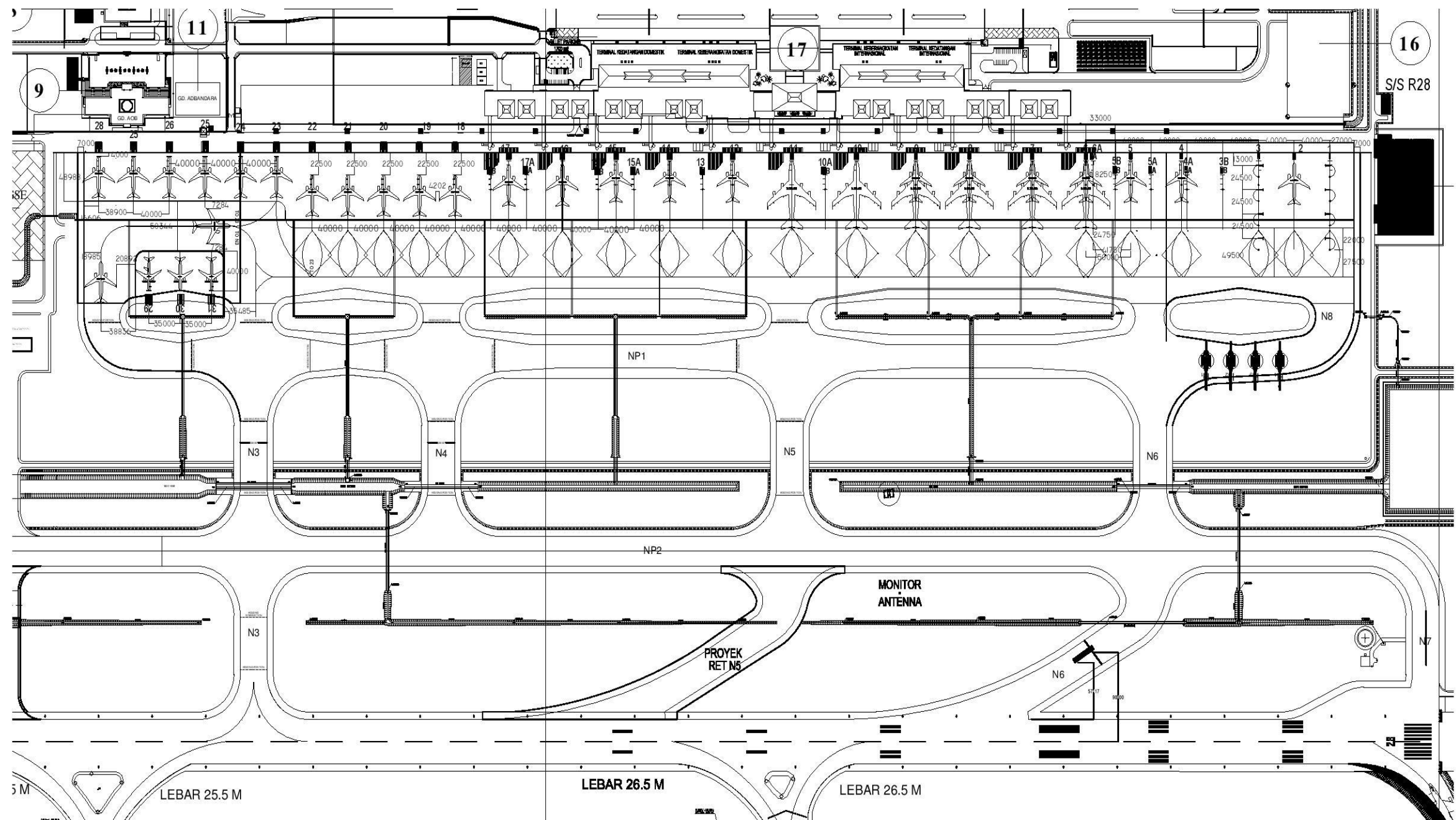
LAMPIRAN D – TABEL HASIL *GENERATE RANDOM NUMBER* SKENARIO 2 –  
*RUNWAY 1 – 5 TAHUN*

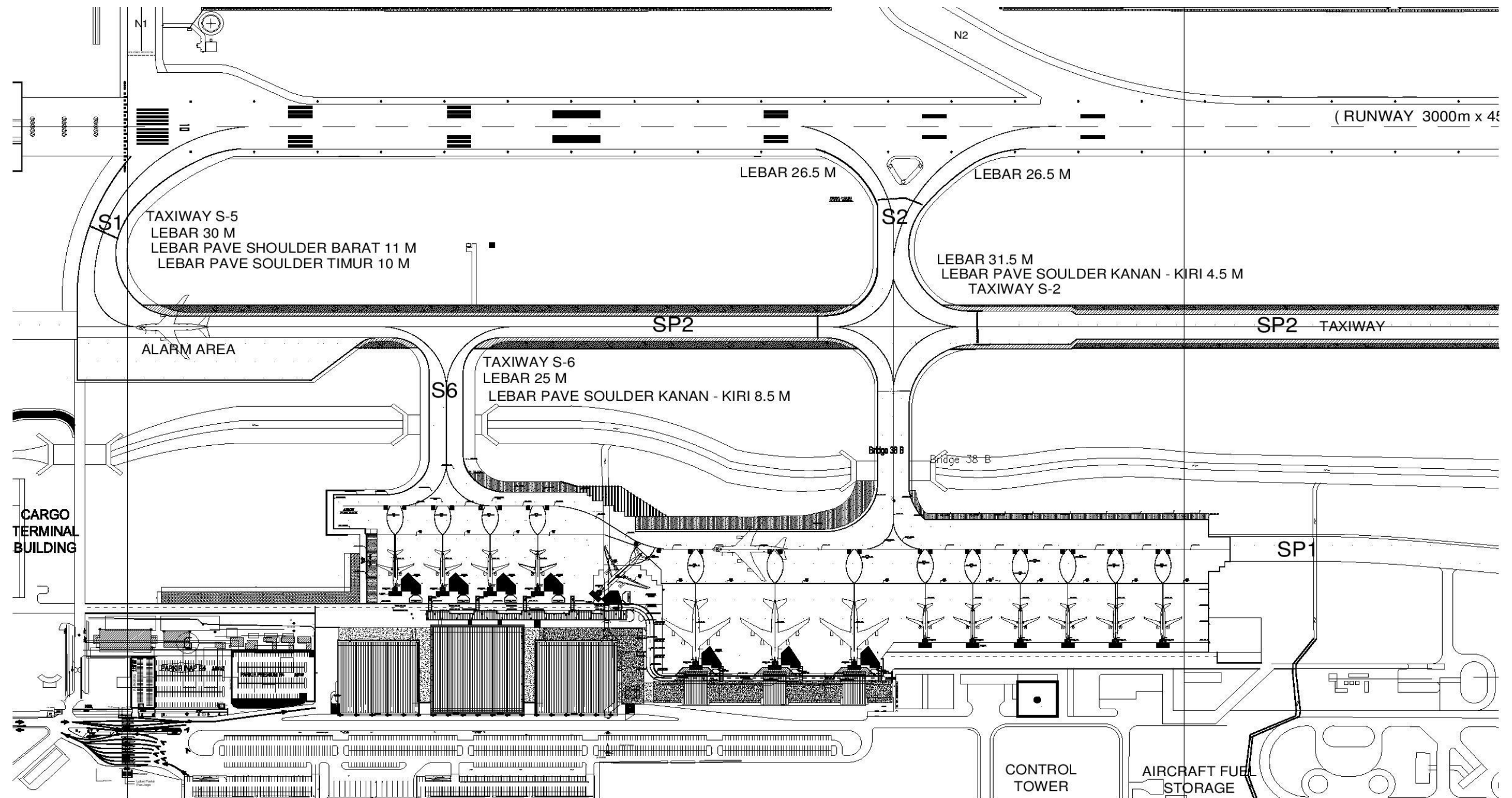
No	Class	Time	Arr/Dep
1	3	40	1
2	2	55	2
3	3	25	1
4	3	35	2
5	2	25	2
6	3	30	2
7	2	10	1
8	3	10	2
9	2	30	2
10	4	30	2
11	2	45	2
12	3	40	2
13	2	35	1
14	4	25	1
15	2	25	1
16	3	20	1
17	3	30	1
18	2	55	1
19	3	10	1
20	2	55	2
21	2	5	2
22	2	55	2
23	2	5	1
24	2	55	2
25	2	30	1
26	2	40	1
27	3	5	1
28	3	30	2
29	2	15	2
30	3	10	2
31	4	40	2
32	4	30	1
33	4	35	2
34	2	15	2
35	2	40	1
36	2	50	1
37	3	35	2
38	4	5	1
39	4	55	1
40	2	5	1
41	4	10	1

LAMPIRAN D – TABEL HASIL *GENERATE RANDOM NUMBER* SKENARIO 2 –  
*RUNWAY I* – 10 TAHUN

No	Class	Time	Arr/Dep
1	2	25	2
2	4	45	2
3	2	10	2
4	3	55	2
5	3	55	1
6	3	5	1
7	3	50	2
8	3	15	1
9	3	50	2
10	4	20	2
11	2	15	1
12	4	15	2
13	2	15	1
14	2	30	1
15	3	15	1
16	3	50	2
17	4	10	2
18	3	55	2
19	2	45	1
20	4	30	2
21	2	15	2
22	2	10	2
23	3	35	2
24	2	45	1
25	4	55	1
26	3	35	2
27	2	45	1
28	2	55	2
29	3	10	2
30	4	25	1
31	3	35	1
32	4	40	1
33	2	30	2
34	3	15	2
35	2	55	2
36	4	5	1
37	4	30	2
38	2	25	2
39	2	5	1
40	3	30	1
41	3	45	2
42	3	50	2
43	2	40	2
44	4	25	1
45	3	5	2
46	4	15	2
47	4	30	2
48	3	40	1
49	4	40	1







## BIODATA PENULIS



### **DANIEL DARMA WIDAJAJA**

Lahir di Surabaya pada tanggal 19 November 1994. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDK St. Carolus Surabaya (2001-2007), SMPK St. Carolus Surabaya (2007-2010), SMAK St. Louis 1 Surabaya (2010-2013), dan pada tahun 2013 Penulis melanjutkan pendidikan Sarjana di Departemen Teknik Sipil Institut Teknologi

Sepuluh Nopember Surabaya dengan NRP 3113 100 089. Penulis mengambil bidang studi transportasi dengan judul tugas akhir **“Evaluasi Potensi Terjadinya Delay Pada Sisi Udara Bandara Internasional Juanda Untuk 5 dan 10 Tahun Mendatang”**.

Contact Person:

Email : danieldarma19@gmail.com